



ISSN: 3061-8363

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Año 1, Núm. 1,
11, 12 y 13 de septiembre 2024

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Secretario

Víctor Suárez Carrera

Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

Salvador Fernández Rivera

Coordinador General de Desarrollo Rural

Raúl Gustavo Gutiérrez Cortés

Representante de la SADER en Tabasco

**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Luis Angel Rodríguez Del Bosque

Encargado del despacho de los Asuntos de la
Dirección General

Efraín Cruz Cruz

Coordinador de Investigación, Innovación y
Vinculación

Luis Ortega Reyes

Coordinador de Planeación y Desarrollo

José Humberto Corona Mercado

Coordinador de Administración y Sistemas

Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Rubén Santos Echeverría

Director Regional

Héctor Daniel Inurreta Aguirre

Director de Investigación

Malinatzin García Robles

Directora de Administración

Dr. Dante Sumano López

Director de Coordinación y Vinculación en Tabasco

“Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco”

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco”. Año 1, No. 1, septiembre 2024, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. 55 3871-8700, www.inifap.gob.mx. Editor responsable: Dr. Rubén Santos Echeverría. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo **04-2025-030717074000-102**, ISSN: **3061-8363**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número Dr. Dante Sumano López, Campo Experimental Huimanguillo. Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km 1, Carretera Huimanguillo - Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400, Teléfonos: 5538718700, ext. 87501. Fecha de última modificación 12 de septiembre 2024.

<http://reunioncientificatabasco.com.mx/publicaciones2024.html>

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un comité científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes instituciones y dependencias públicas; el contenido expresado en cada trabajo es responsabilidad del autor.

Compiladores: Dante Sumano López, María del Carmen Silverio Gómez, Grisel Cervantes Arau, Bertha Mejía Jauregui, Valeria Domínguez López.

INDICE

TRABAJOS EN EXTENSO	1
AGROECOLOGÍA	2
EFFECTO DE EXTRACTOS METANÓLICOS DE <i>CAPSICUM</i> SPP. SOBRE <i>PHYTOPHTHORA TROPICALIS</i> DEL CACAO	3
WILLY CALDERÓN-DE LA CRUZ*, LUZ DEL CARMEN LAGUNES-ESPINOZA ¹ , CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA ¹ Y YOLANDA CÓRDOVA-BAUTISTA ²	
RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN <i>CAPSICUM ANNUUM</i> VAR. <i>GLABRIUSCULUM</i> DE HUIMANGUILLO, TABASCO	18
MARICELA PABLO-PÉREZ, LUZ DEL CARMEN LAGUNES-ESPINOZA ¹ , CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA ¹ , MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ ¹ , ROCÍO GUADALUPE ACOSTA-PECH ¹ , JULIA MARÍA LESHER-GORDILLO ² , YOLANDA DEL CARMEN PÉREZ-LUNA ³ , JOEL ZAVALA-CRUZ ¹	
ESTRUCTURA TÉCNICO, PRODUCTIVA Y DE MERCADO DEL LIMÓN PERSA <i>CITRUS LATIFOLIA</i> EN HUIMANGUILLO TABASCO.....	32
JAIME RANGEL QUINTOS ¹ *, VENANCIO CUEVAS REYES Y SERGIO ALBERTO CURTI DÍAZ ¹	
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL: MÉTODO NOVEDOSO PARA ESTIMAR SU PROBABILIDAD EN AGRICULTURA DE TEMPORAL.....	48
LORENZO ARMANDO ACEVES NAVARRO*, JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ LÓPEZ ¹ , AGRÍCOLA ARRIETA RIVERA ² , ROCÍO GUADALUPE ACOSTA PECH ¹	
COMPOSICIÓN QUÍMICA PRELIMINAR DE EXTRACTOS VEGETALES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PROCEDENTES DEL AGROSISTEMA CACAO.....	64
AIDÉ VELÁZQUEZ SILVA*, LUZ DEL CARMEN LAGUNES-ESPINOZA ¹ , LAURA LETICIA BARRERA NECHA ² , CARLOS FREDY ORTIZ GARCÍA ¹ , GARCÍA DE LA CRUZ RUBÉN ¹ Y CESAR JESÚS VÁZQUEZ NAVARRETE ¹	
CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN TACOTALPA, TABASCO	80
JOSÉ PADILLA-VEGA ¹ , DOMINGO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ ² , YEREMI JIMÉNEZ SÁNCHEZ ³	
BIOTECNOLOGÍA	91

DETECCIÓN DE FITOPLASMAS 16SrIV-D EN <i>HAPLAXIUS CRUDUS</i> VAN DUZEE COLECTADOS EN PALMAS ENFERMAS	92
PABLO JOSÉ PALMA-CANCINO*, MARÍA NARVÁEZ-CAB ² Y CARLOS OROPEZA-SALÍN ²	
CULTIVOS ANUALES.....	107
DENSIDADES DE POBLACIÓN EN MAÍZ (<i>ZEa mays</i> L.) NATIVO X-MEJEN NAL, BAJO RIEGO POR GOTEIO	108
ALFREDO LINO BRITO*, MARIBEL APOLINAR AGUILAR ² Y MELECIO PÉREZ MENDOZA ³	
EVALUACIÓN <i>IN SITU</i> DE ACCESIONES DE MAÍZ NATIVO EN CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS EXTREMAS EN TLAXCALA	125
ROGELIO FERNÁNDEZ SOSA*, ISRAEL ROJAS MARTÍNEZ ¹ , JUAN MANUEL HERNÁNDEZ CASILLAS ² , JOSÉ LUIS ARELLANO VÁZQUEZ ² , DOLORES BRIONES REYES ¹ Y AMERICA PALOMA ESPINOSA BELLO ³	
COLECCIÓN DE ACCESIONES NATIVAS DE MAÍZ EN CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS EXTREMAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA	141
ROGELIO FERNÁNDEZ SOSA*, ISRAEL ROJAS MARTÍNEZ ¹ , JUAN MANUEL HERNÁNDEZ CASILLAS ² , GILBERTO ESQUIVEL ESQUIVEL ² , DOLORES BRIONES REYES ¹ , AMERICA PALOMA ESPINOSA BELLO ³	
DEFOLIACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CHONTALPA, TABASCO	157
FABIOLA OLVERA-RINCÓN, SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ ² , SAMUEL CÓRDOVA-SÁNCHEZ ¹ , DAVID JESÚS PALMA-LÓPEZ ² Y RAÚL CASTAÑEDA-CEJA ¹	
ÍNDICES DE VEGETACIÓN DERIVADOS POR TELEDETECCIÓN PARA MONITOREAR EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CHONTALPA, TABASCO	172
SERGIO SALGADO VELÁZQUEZ, HILARIO BECERRIL HERNÁNDEZ ¹ , LORENZO ACEVES NAVARRO ¹ , SAMUEL CÓRDOVA SÁNCHEZ ² , JOAQUÍN A. RINCÓN RAMÍREZ ¹ .	
DISTANCIA DE SIEMBRA Y GRADOS DÍAS DE CRECIMIENTO EN <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L. PARA USO ORNAMENTAL	186
JOSÉ LUIS DEL ROSARIO-ARELLANO*, WILBERT DÍAZ-DE DIOS, ALENDI CASTILLO-ROSETE ¹ , GUADALUPE HERRERA-VÁZQUEZ ¹ , JOAQUÍN MURGUÍA-GONZÁLEZ ¹ , OTTO RAÚL LEYVA-OVALLE ¹ , PABLO ANDRÉS-MEZA ¹ , JULIO DÍAZ-JOSÉ ¹ , MIGUEL MERINO-VALDEZ ¹ , MIGUEL CEBADA-MERINO ¹ Y VIRIDIANA BORBONIO-FERNÁNDEZ	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN CONDICIONES DE SUELO ÁCIDO Y SEQUÍA EN TABASCO	202
SABEL BARRÓN FREYRE ¹ , ÓSCAR HUGO TOSQUY VALLE ² , RIGOBERTO ZETINA LEZAMA ²	
PRODUCCIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN CONDICIONES DE SEQUÍA INTERMEDIA Y TERMINAL EN TABASCO	213
SABEL BARRÓN FREYRE ¹ , FRANCISCO JAVIER UGALDE ACOSTA ²	

CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES Y FORMACIÓN DE CULTIVARES DE CHILE DULCE
(CAPSICUM ANNUUM L.) Y EL RENDIMIENTO CRIOLLO 224

FELIPE SANTAMARÍA BASULTO *, CAROLINA ISABEL BASTO POOL¹, RAÚL DÍAZ PLAZA¹ Y MANUEL JESÚS ZAVALA LEÓN¹

DETERMINACIÓN DEL MEJOR PERIODO DE SIEMBRA DEL MAÍZ EN TABASCO 239

LORENZO ARMANDO ACEVES NAVARRO *, LAURA GIRALDO LÓPEZ¹, JOVAN ARICEL VELÁZQUEZ DE LA CRUZ¹, PEDRO PABLO VIDAL RODRÍGUEZ¹, JOSÉ LUIS ARIAS LÓPEZ¹, RIGOBERTO OVILLA JIMÉNEZ¹, MIGUEL ARTURO BUITRÓN BROCA¹

MEJORAMIENTO POBLACIONAL EN VS-536, VARIEDAD SINTÉTICA DE MAÍZ (ZEA MAYS L.)
PARA EL TRÓPICO MEXICANO 255

MAURO SIERRA MACÍAS, CLARA RÍOS ISIDRO¹, NOEL GÓMEZ MONTIEL, SABEL BARRÓN FREYRE

EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE VARIEDADES DE FRIJOL BAJO
FERTI-RIEGO EN EL VALLE DE OAXACA 267

JOSÉ RAFAEL CONTRERAS HINOJOSA, FRANCISCO JAVIER UGALDE ACOSTA², SABEL BARRÓN FREYRE³

ECONOMÍA CIRCULAR 280

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE UN RESIDUO AGRÍCOLA PARA LA OBTENCIÓN DE
NANOCRISTALES DE CELULOSA 281

HEIDY JANETH TRUJILLO ACOSTA *, GLORIA IVETTE BOLIO LÓPEZ¹ JOSÉ ANTONIO AZAMAR BARRIOS, MANUEL MATEO HERNÁNDEZ VILLEGAS

VALORIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ANACARDO: UNA REVISIÓN DE APLICACIONES COMO
INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN 298

DIANA RUBÍ RAMOS LÓPEZ *, GLORIA IVETTE BOLIO LÓPEZ¹, DAMIANYS ALMENARES LÓPEZ¹, LUCIEN VELEVA MULESHKOVA², DAVID MOISÉS BONFIL CEFERINO², PABLO ULISES HERNÁNDEZ LARA³

GANADERÍA 313

USO DE ACEITES ESENCIALES DE CONDIMENTOS ALIMENTICIOS EN EL CONTROL DE
HUEVOS DE CYATOSTOMINOS DE CABALLOS 314

ROBERTO GONZÁLEZ GARDUÑO *, ADOLFO PAZ SILVA², MARÍA SOL ARIAS VÁZQUEZ², CRISTIANA FILIPA CAZAPAL MONTEIRO² Y RITA SÁNCHEZ ANDRADE²

FERTILIZACIÓN NITROGENADA DEL PASTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE
BOVINA 326

ISABEL CRISTINA ACOSTA BALCAZAR *, LORENZO DANILO GRANADO RIVERA², YURIDIA BAUTISTA MARTÍNEZ¹, BENIGNO ESTRADA DROUILLET³, LORENZO GRANADOS ZURITA⁴ Y JORGE DAVID GUIOT GARCÍA⁵

FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EDAD DE REBROTE EN LA CALIDAD DE ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN VEGA DE RIO.....	341
LORENZO GRANADOS ZURITA, ISABEL CRISTINA ACOSTA BALCAZAR ^{2*} , JORGE QUIROZ VALIENTE ¹ , MANUEL BARRÓN ARREDONDO ¹ , JORGE DAVID GUIOT GARCÍA ³ Y GIOVANNI CONCEPCIÓN GARCÍA HERNÁNDEZ ⁴	
VALOR NUTRICIONAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CABRITOS MIXTOS LECHALES LOCALES.....	358
LESLI KARINA HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, YURIDIA BAUTISTA-MARTÍNEZ*, JORGE ALONSO MALDONADO-JÁQUEZ, RAMIRO ALEJANDRO BENAVIDES-GONZÁLEZ, LORENZO DANILO GRANADOS-RIVERA Y BEATRIZ GODÍNEZ-JUÁREZ	
RELACIÓN ENTRE MEDIDAS MORFOLÓGICAS DEL TRONCO EN <i>ERYTHRINA AMERICANA</i> Y <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i> CON LA PRODUCCIÓN DE FOLLAJE Y RAMAS.....	372
JORGE OLIVA-HERNÁNDEZ*, MARÍA AURELIA LÓPEZ-HERRERA ² , ERIKA BELEM CASTILLO-LINARES ¹ Y ALEJANDRA VÉLEZ-IZQUIERDO ³	
RESISTENCIA A DICLORVOS EN <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i> DE BOVINOS EN UN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO EN EL TRÓPICO MEXICANO	386
JUAN MANUEL HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ*, ROBERTO GONZÁLEZ GARDUÑO ¹ , ADOLFO PAZ SILVA ²	
RESISTENCIA ANTIHELMINTICA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN BECERROS LACTANTES.....	397
CLAUDIA YESENIA LEÓN GONZÁLEZ*, ROBERTO GONZÁLEZ GARDUÑO ¹ Y CARMEN CÓRDOVA PÉREZ ¹	
RESPUESTA REPRODUCTIVA DE OVEJAS PRIMALAS Y MULTIPARAS BLACKBELLY X PELIBUEY EN UN APAREAMIENTO CONTROLADO.....	411
ERIK BELEM CASTILLO-LINARES*, MARÍA AURELIA LÓPEZ-HERRERA ² , JORGE OLIVA-HERNÁNDEZ ¹ Y ALEJANDRA VÉLEZ-IZQUIERDO ³	
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ESPECIES DEL GÉNERO <i>UROCHLOA</i> EN HUIMANGUILLO, TABASCO	422
ISABEL CRISTINA ACOSTA BALCÁZAR*, LORENZO GRANADOS ZURITA ² , MANUEL BARRÓN ARREDONDO ² , JORGE QUIROZ VALIENTE ² Y JORGE DAVID GUIOT GARCÍA ³	
CRECIMIENTO DE CINCO ESPECIES FORRAJERAS DURANTE UN AÑO EN PICHUCALCO, CHIAPAS	435
LORENZO GRANADOS ZURITA*, JORGE QUIROZ VALIENTE ¹ , ISABEL CRISTINA ACOSTA BALCAZAR ² , MANUEL BARRÓN ARREDONDO ¹ , JORGE DAVID GUIOT GARCÍA ³ Y ROBERTO OMAR CASTAÑEDA ARRIOLA ¹	
CONSUMO DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA DURANTE LA LACTANCIA TEMPRANA EN OVEJAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE PLANTAS FORRAJERAS	448
JORGE OLIVA-HERNÁNDEZ*, MARÍA AURELIA LÓPEZ-HERRERA ² , ERIKA BELEM CASTILLO-LINARES ¹ , Y ALEJANDRA VÉLEZ-IZQUIERDO ³	

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

LIBRADO ROBERTO CENTENO ERGUERA , MARÍA AURELIA LÓPEZ HERRERA^{1*} Y REFUGIO RAMÓN RIVERA LEIVA¹

DESARROLLO DE *MACONELICOCUS HIRSUTUS* (GREEN) BAJO CONDICIONES DE TABASCO EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO 649

PABLO ULISES HERNÁNDEZ LARA*, MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ GUILLERMO¹, EDER RAMOS HERNÁNDEZ¹ Y DIANA RUBI RAMOS LÓPEZ²

MORFOTIPOS NATIVOS DE *THEOBROMA CACAO* L. PRESENTES EN MICHOACÁN, MÉXICO . 666

MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ GUILLERMO* ; RUBÉN BARRERA RAMÍREZ²; ANA LAURA REYES REYES³; MISAEL MARTÍNEZ-BOLAÑOS³

IMPACTO DE LAS GIBERELINAS EN EL CRECIMIENTO Y LA VITALIDAD DE LAS PLÁNTULAS DE COCOTERO 680

MARÍA DEL CARMEN SILVERIO GÓMEZ^{*1}, EDER RAMOS HERNÁNDEZ¹ Y RAMÓN ARTEMIO CASTILLO GONZÁLEZ²

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO EN DOS ESPECIES DE ÁRBOLES DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO EN TABASCO 691

CAROLINA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, EDER RAMOS HERNÁNDEZ¹, JESÚS RICARDO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ², GABRIELA ÁLVAREZ ÁLVAREZ²

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE ESPECIES DE PICUDOS (COLEPTERA: CURCULIONIDAE) EN LIMÓN PERSA EN TABASCO, MÉXICO..... 705

DANTE SUMANO-LÓPEZ*, SAÚL SÁNCHEZ-SOTO², NÉSTOR BAUTISTA-MARTÍNEZ³, CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA², EUSTOLIA GARCÍA-LÓPEZ², ÁNGEL SOL-SÁNCHEZ², ROBERT W. JONES⁴ MARIO RODRÍGUEZ CUEVAS¹ Y EDER RAMOS-HERNÁNDEZ¹

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE ESPECIES DE PICUDOS (COLEPTERA: CURCULIONIDAE) EN LIMÓN PERSA EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO. 720

DANTE SUMANO-LÓPEZ*, SAÚL SÁNCHEZ-SOTO², NÉSTOR BAUTISTA-MARTÍNEZ³, CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA², EUSTOLIA GARCÍA-LÓPEZ², ÁNGEL SOL-SÁNCHEZ², ROBERT W. JONES⁴ MARIO RODRÍGUEZ CUEVAS¹ Y EDER RAMOS-HERNÁNDEZ¹

CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE TRES GENOTIPOS AUTOCTONOS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) 736

ALFONSO AZPEITIA MORALES*

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN EN ARBOLES INDIVIDUALES DE *PINUS HARTWEGII* LINDL A TRAVÉS DE LIDAR 750

ENRIQUE BUENDÍA-RODRÍGUEZ*, JONATHAN HERNÁNDEZ-RAMOS, FABIÁN ISLAS-GUTIÉRREZ¹, EULOGIO FLORES-AYALA¹, TOMÁS PINEDA-OJEDA¹, VIDAL GUERRA-DE-LA-CRUZ¹ Y ANDRÉS FLORES

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL..... 762

SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA DE UN GRUPO DE PRODUCTORES EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO..... 763

LORENZO GRANADOS ZURITA*, ERIKA BELÉM CASTILLO LINARES¹, ISABEL CRISTINA ACOSTA BALCAZAR², MARCO ANTONIO PÉREZ CACEP³, JORGE QUIROZ VALIENTE¹, MANUEL BARRÓN ARREDONDO¹ Y CARLOS MANUEL HERNÁNDEZ ZEPEDA³

ESCUELAS CAMPESINAS: ESTRATEGIA PARA TRANSITAR DE UNA AGRICULTURA CONVENCIONAL A UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN EL ESTADO DE VERACRUZ 778

PATRICIA CÓRDOBA CARBALLO, ARTURO HERNÁNDEZ DEL ÁNGEL¹, RAFAEL ARIAS DE LEÓN¹ Y JORGE MARTÍNEZ HERRERA^{1*}

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS..... 793

EVALUACION DEL CONTENIDO DE METILXANTINAS DE NUEVOS CLONES Y VARIEDADES NATIVAS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) DEL ESTADO DE TABASCO SOMETIDAS A FERMENTACION TRADICIONAL 794

FRANCO L. RUIZ-SANTIAGO^{4*}, FACUNDO J. MÁRQUEZ-ROCHA², PEDRO GARCÍA-ALAMILLA³, ARELI CARRERA-LANESTOSA³, ERIK OCARANZA-SÁNCHEZ¹ Y JOSAFAT A. HERNÁNDEZ-BECERRA⁴

DETERMINACIÓN DE EMOCIONES DE CONSUMIDORES DE CHORIZOS ELABORADOS CON MEZCLA DE CARNE DE OVINO-PORCINO..... 804

SARA PÉREZ-RODAS, LOURDES BAEZA-MENDOZA¹, LEONOR PÉREZ-ROBLES¹, ALFONSO CHAY-CANUL¹, ADAN CABAL-PRIETO², JOSÉ ANDRÉS HERRERA-CORREDOR³, VÍCTOR CUERVO-OSORIO⁴, JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ-OREA⁵, ELEAZAR RODRÍGUEZ-LARA⁵, JORGE ARMIDA-LOZANO⁵ Y EMMANUEL DE JESÚS RAMÍREZ-RIVERA^{5*}

TRABAJOS EN RESUMEN 812

CULTIVOS ANUALES..... 813

RENDIMIENTO DE CHIHUA (*CUCURBITA ARGYROSPERMA H.*) CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES ORGANICOS EN TABASCO 814

MARIO RODRÍGUEZ CUEVAS*, SABEL BARRÓN FREYRE¹, DANTE SUMANO LÓPEZ¹ Y MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ GUILLERMO¹

ECONOMÍA CIRCULAR 816

RECICLAJE DE NUTRIENTES EN AGRICULTURA: LIXIVIADOS DE PSEUDOTALLOS DE PLÁTANO COMO FUENTE DE MICRONUTRIENTES 817

EDER RAMOS-HERNÁNDEZ*, JOSUÉ ALONSO CIFUENTES-CÓRDOVA², SAMUEL CÓRDOVA SÁNCHEZ², BLANCA PATRICIA CASTELLANOS-POTENCIANO¹

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES 819

CARTOGRAFÍA DIGITAL DE PROPIEDADES DE SUELOS EN PLANICIE Y LOMERÍOS DE HUIMANGUILLO, TABASCO MÉXICO 820

ANTONIO LÓPEZ-CASTAÑEDA, JOEL ZAVALA-CRUZ¹, DAVID JESÚS PALMA-LÓPEZ¹, FRANCISCO BAUTISTA ZÚÑIGA², JOAQUÍN ALBERTO RINCÓN-RAMÍREZ¹

MODELOS DE RAZÓN DE VOLUMEN PARA PLANTACIONES DE *PINUS LEIOPHYLLA* SCHL. & CHAM. EN MICHOACÁN, MÉXICO 822

JONATHAN HERNÁNDEZ-RAMOS*, HIPÓLITO JESÚS MUÑOZ-FLORES, ADRIÁN HERNÁNDEZ-RAMOS, RUBÉN BARRERA-RAMÍREZ, ENRIQUE BUENDÍA-RODRÍGUEZ Y ROBERTO REYNOSO-SANTOS

ESTIMACIÓN GEOESPACIAL DEL CARBONO VEGETAL AÉREO EN CHIAPAS MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO 824

ROBERTO REYNOSO-SANTOS*, ADRIÁN HERNÁNDEZ-RAMOS, JONATHAN-HERNÁNDEZ-RAMOS, ENRIQUE BUENDÍA-RODRÍGUEZ⁴, HIPÓLITO JESÚS MUÑOZ-FLORES⁵ Y RUBÉN BARRERA-RAMÍREZ⁵

COMPORTAMIENTO DE LAS FASES MASCULINA Y FEMENINA EN EL COCOTERO (*COCOS NUCIFERA* L.) HÍBRIDO CHACTEMAL..... 827

MATILDE CORTAZAR-RÍOS, ¹GILBERT JOSÉ HERRERA-COOL, ²*EDER RAMOS-HERNÁNDEZ, ²MARÍA DEL CARMEN SILVERIO-GÓMEZ, ²BLANCA PATRICIA CASTELLANOS-POTENCIANO

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS 829

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE EXTRAÍDO DE LAS SEMILLAS DE CACO (*CHRYSOBALANUS ICACO* L). 830

ABEL ARCE ORTIZ, LUIS JORGE CORZO RÍOS², ZENDY EVELYN OLIVO VIDAL¹, CRISTIAN JIMÉNEZ MARTÍNEZ³ Y XARISS MIRYAM SÁNCHEZ CHINO^{1*}



TRABAJOS EN EXTENSO

AGROECOLOGÍA

EFFECTO DE EXTRACTOS METANÓLICOS DE *Capsicum* spp. SOBRE *Phytophthora tropicalis* DEL CACAO

Willy Calderón-De la Cruz^{1*}, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza¹, Carlos Fredy Ortiz-García¹ y Yolanda Córdova-Bautista²

Resumen

Las plantas poseen una capacidad casi ilimitada para sintetizar una variedad de compuestos bioactivos que utilizan como mecanismos de defensa o adaptación ante condiciones de estrés biótico y abiótico. Diversos estudios han revelado que los extractos acuosos y metanólicos de las especies de *Capsicum* spp. poseen características antimicrobianas efectivas con potencial de investigación para generar alternativas sustentables en contra de fitopatógenos. Debido a estas propiedades, el presente estudio tuvo el objetivo de usar extractos metanólicos (EM) de frutos inmaduros y maduros de *C. annuum* var. *glabriusculum* morfotipo garbanzo y *C. chinense* Jacq. para demostrar *in vitro* su potencial antagónico en contra de *Phytophthora tropicalis*, fitopatógeno que afecta gravemente a la industria del cacao en Tabasco. Diferentes concentraciones de EM (0, 0.25, 0.50, 1.0 y 2.50 mg mL⁻¹) fueron evaluadas sobre el porcentaje de crecimiento micelial y producción de esporangios de *P. tropicalis*. El mejor tratamiento con efecto antagónico en contra del oomiceto fue el EM a una concentración de 2.50 mg mL⁻¹, obtenido de chiles inmaduros del morfotipo garbanzo, el cual mostró el menor porcentaje de crecimiento micelial y producción de esporangios con 57.84 y 5.06 %, respectivamente. El EM a 2.50 mg mL⁻¹ de frutos inmaduros de *C. chinense* Jacq. mostró porcentaje de crecimiento micelial y producción de esporangios del 63.35 y 23.40 %, respectivamente. Para chiles maduros, el EM de *C. chinense* Jacq., a una concentración EM de 2.50 mg mL⁻¹ mostró un porcentaje de crecimiento micelial y producción de esporangios

¹Colegio de Postgraduados, campus Tabasco. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. *Autor de correspondencia: mwcalderon95@gmail.com

del 47.41 y 2.83 %, respectivamente. Las reducciones del crecimiento y particularmente en esporangios mostrados por estos tres tratamientos *in vitro* brindan oportunidades de investigación para el desarrollo de nuevas biotecnologías a partir de especies nativas que crecen dentro del cacaotal para combatir de manera económica y sustentable la enfermedad de la mancha negra del cacao en Tabasco.

Palabras clave: Compuesto bioactivo, Metabolito, *Chile*, *Oomiceto*, *Theobroma cacao*

Introducción

Desde tiempo ancestrales, el cultivo de cacao (*Teobroma cacao* L.) ha sido una tradición arraigada a la historia y cultura del pueblo mexicano, y en particular, de la región sureste del país. El principal uso de los granos de cacao es para la elaboración de chocolates y bebidas; representando un consumo per cápita de 0.5 Kg, y un 0.6 % del gasto total realizado en alimentos por las familias mexicanas (SAGARPA, 2017; SADER, 2024). Es por eso que, el cultivo de cacao se convierte en una fuente de empleo y bienestar para las familias de las zonas rurales. Actualmente, México ocupa el decimotercer lugar como productor de cacao en el mundo (FAO, 2022). Los registros a nivel nacional indican que el principal productor es el estado de Tabasco, con una media anual de 17 319 ton, seguido por Chiapas con 10 521 ton (SADER, 2023). Según los datos registrados por la FAO (2022), la producción nacional de cacao alcanzó su punto culminante en el 2009, con una producción de 60 000 ton, siendo ésta la mayor producción alcanzada en México. A partir de ese año (2009), la producción de cacao ha ido disminuyendo pronunciadamente hasta la actualidad. Hoy en día, la producción nacional de cacao es relativamente baja, y enfrenta desafíos significativos relacionados con la fitosanidad, nutrición y aspectos sociales (Sántiz-Tovilla et al., 2022; Francisco-Santiago et al., 2023). Las enfermedades en las plantaciones de cacao son un problema difícil de resolver, debido a que los fitopatógenos más importantes de este cultivo se han establecido en la toda la región sureste de México, y mantenerlos bajo control ha resultado una tarea

complicada. La enfermedad del cacao más importante en Tabasco es la moniliasis causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Este fitopatógeno es responsable de provocar pérdidas en la producción superiores al 75 % (Torres-de la Cruz et al., 2020). Le sigue en importancia la mancha negra (MN) causada por el oomiceto *Phytophthora* spp. Este provoca pérdidas del 6 al 24 % (Torres-de la Cruz et al., 2020). En Tabasco, las especies confirmadas de *Phytophthora* son *P. tropicalis* (Chávez-Ramírez et al., 2021) y *P. capsici* (Torres-de la Cruz et al., 2023), que requieren de la búsqueda de nuevas alternativas de control para la MN, para ampliar el conocimiento sobre las herramientas que pueden ser usadas para disminuir eficientemente la incidencia de la enfermedad.

Como alternativa al control químico, el uso de extractos vegetales con propiedades antimicrobianas promete ser una opción de bajo costo y fácil acceso para los productores. Principalmente por que la materia prima para su elaboración es abundante dentro de la vegetación nativa de la región. Otro aspecto positivo es que los extractos están constituidos por una mezcla de compuestos bioactivos como fenoles y terpenos que tienen distintos modos de acción en contra de los patógenos (Chtioui et al., 2023), esto permite prevenir la resistencia del patógeno a los diversos tratamientos, además de que no se generan residuos tóxicos que impacten al ambiente (Chtioui et al., 2023; Zhou et al., 2023). Los extractos metanólicos (EM) de *Capsicum* spp. tienen un efecto antagónico en diversas enfermedades bacterianas y fúngicas que afectan a diferentes cultivos, y en particular al cacao (Bacon et al., 2017; De la Cruz-Ricárdez et al., 2020a; Bharath et al., 2023). No obstante, el efecto de los EM de frutos de chiles de las especies de *Capsicum* nativas, así como las de alta pungencia no ha sido evaluado sobre *P. tropicalis*, que es una de las principales especies de *Phytophthora* que afecta a las plantaciones de cacao. Por ello, esta investigación tiene el objetivo de evaluar *in vitro* los efectos de EM de frutos inmaduros y maduros de *C. annuum* var. *glabriusculum* morfotipo garbanzo y de *C. chinensis* sobre *P. tropicalis*, para determinar si esta biotecnología podría tener el potencial de ser una alternativa de control sustentable de la MN del cacao en Tabasco.

Materiales y método

Material vegetal

Los chiles inmaduros y maduros de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (garbanzo), y de *Capsicum chinense* Jacq. (habanero rojo), fueron adquiridos de una parcela ubicada en Cucuyulapa, Cunduacán, Tabasco (coordenadas geográficas: 17°59'49.3"N 93°15'07.3"W). Las muestras fueron lavadas por separado con agua corriente durante 30 segundos para eliminar el polvo y material residual adherido. Posteriormente fueron sometidas a un proceso de secado en un horno de convección forzada a 48 ± 2 °C por 96 h, esto para minimizar la pérdida de compuestos volátiles. Las muestras secas fueron molidas en un molino eléctrico hasta obtener un polvo fino, el cual fue almacenado a 26 ± 2 °C en oscuridad hasta su uso.

Obtención de microorganismo

Los experimentos fueron realizados usando una cepa de *Phytophthora tropicalis* del laboratorio de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Esta cepa fue reactivada por medio de inoculación en mazorcas sanas de cacao Trinitario de Tabasco, y posteriormente fue sembrada en medio V8 clarificado (Erwin y Ribeiro, 1996), siguiendo los postulados de Koch.

Obtención de extractos metanólicos

La metodología propuesta por De la Cruz-Ricardez et al. (2020a) fue usada con algunas modificaciones. Por cada muestra, 50 g de material vegetal seco y triturado fueron añadidos a 200 mL de metanol al 80 %, puesta en reposo por 24 h a 4 °C en oscuridad, filtrada usando papel filtro, y el filtrado fue recolecto en un vaso de precipitado de 250 mL. Posteriormente, este vaso de precipitado fue colocado en un baño María a 48 ± 2 °C, a 160 rpm hasta la evaporación completa del metanol, dentro de una campana de extracción. El vaso de

precipitado con la pasta obtenida (extracto) fue sellado con papel parafilm y se almacenó a 4 °C en oscuridad hasta su uso.

Cuantificación de polifenoles totales

Los extractos metanólicos (EM) se evaluaron según su concentración de polifenoles totales (PFT), siguiendo la metodología descrita por Bautista-Rodríguez et al. (2017), usando reactivo Folin Ciocalteu al 50 %, y 0.2 mL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 15 %. La absorbancia fue leída a 765 nm en el espectrofotómetro UV-VIS (Marca ThermoScientific modelo Multiskan go), y con ayuda de la curva de calibración de ácido gálico (0 a 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$). La concentración de EM, expresado en PFT fue obtenida.

Bioensayo *in vitro*

Para evaluar el efecto de los EM sobre el crecimiento y la cantidad de esporangios de *P. tropicalis*, diferentes tratamientos fueron preparados usando el método de dilución en agar. Los tratamientos consistieron de medio sólido V8 clarificado y dosificado con diferentes concentraciones de polifenoles del EM (0.25, 0.50, 1.0 y 2.5 mg mL^{-1}), en cajas de Petri de 9 cm de diámetro. Los volúmenes de extracto fueron añadidos al medio usando una jeringa estéril y un filtro biológico estéril CORNING® con tamaño de poro de 0.20 μm . Un testigo fue incluido, al cual agua destilada estéril le fue añadida bajo las mismas condiciones que los extractos. Todo el procedimiento fue realizado bajo condiciones asépticas en una campana de flujo laminar y con cinco repeticiones por tratamiento.

Efectividad de los extractos metanólicos para inhibir el crecimiento de *Phytophthora tropicalis*

A partir de un cultivo de *P. tropicalis* de 10 días de edad, cultivado en medio V8 (Philips y Galindo, 1989), por cada tratamiento, un disco fue transferido al centro de la caja de Petri

que contenía el medio V8 clarificado y dosificado con EM. Las cajas de Petri con el inóculo fueron selladas y se incubaron a 25 °C en oscuridad. Todo el procedimiento fue realizado bajo condiciones asépticas en una campana de flujo laminar y con cinco repeticiones por tratamiento. La efectividad de los EM para inhibir a *P. tropicalis* fue determinado con el porcentaje de crecimiento micelial que se desarrolló sobre el medio de cultivo. Las mediciones finalizaron hasta las 96 h, cuando el control alcanzó el 100 % de crecimiento micelial sobre el medio.

Cuantificación de los esporangios de *Phytophthora tropicalis*

Para este ensayo, el método del disco de agar en agua descrito por Erwin y Ribeiro (1996) fue utilizado, y agua de lluvia estéril ($\text{pH } 6.3 \pm 0.01$) (Soto-Plancarte et al., 2017) se usó para cubrir la superficie de los discos. Las cajas de Petri fueron selladas con papel parafilm y colocadas en una cámara de incubación a 30 ± 1 °C por 72 h y luz artificial continua. El método de campo microscópico 40x fue usado para cuantificar el número de esporangios (Gisi et al., 1980), usando un microscopio óptico compuesto con un objetivo de 40x. El experimento fue llevado a cabo bajo condiciones asépticas, incluyendo al control. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial (2×4). Donde los factores son dos genotipos de chile (habanero y garbanzo), y cuatro concentraciones de EM ($0.25, 0.50, 1.0$ y 2.50 mg mL^{-1}), con cinco repeticiones. Las variables de respuesta fueron el porcentaje de crecimiento micelial y producción de esporangios de *P. tropicalis*. La unidad experimental fue la caja de Petri. Además, un control positivo fue incluido. Un análisis de varianza fue realizado para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta, y una prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$) se usó para la comparación entre tratamientos. La normalidad de los datos fue comprobada mediante una prueba de Shapiro

Wilk ($p > 0.05$), y la homocedasticidad fue comprobada mediante una prueba de Bartlett ($p > 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el software RStudio® 2024.04.0.

Resultados y discusión

Extracto a partir de chiles inmaduros

El análisis del efecto de ambos factores (especie de chile y concentración de EM) sobre el crecimiento micelial de *P. tropicalis* mostró diferencias estadísticas (Cuadro 1). La combinación con el menor porcentaje de crecimiento micelial se logró con el morfotipo garbanzo a 2.50 mg mL⁻¹ de EM (57.84 %), y con el habanero a 0.50 (72.53 %) y 2.50 (63.35 %) mg mL⁻¹ de EM. Todos estadísticamente diferentes al control. El efecto del resto de combinaciones no mostró tener un efecto significativo en la inhibición del crecimiento micelial de *P. tropicalis*, con respecto al control. Con base en los resultados de las dos especies de *Capsicum*, la selección del mejor tratamiento para inhibir el crecimiento micelial de *P. tropicalis* depende tanto de la especie como de la concentración de EM.

Los EM demostraron tener un efecto de inhibición en *P. tropicalis*, y a medida que aumentó su concentración, mayor fue su efecto. Con base en esta tendencia, es posible predecir que, a concentraciones más elevadas de EM, mayores porcentajes de inhibición en *P. tropicalis* sean alcanzados, hasta encontrar la concentración letal máxima.

Cuadro 1. Porcentajes de crecimiento y producción de esporangios de *P. tropicalis* bajo el efecto de la especie de chile inmaduro y la concentración de EM

Especie de chile inmaduro	Concentración de EM (mg mL ⁻¹)	Crecimiento micelial (%)	Producción de esporangios (%)
Control positivo	0	100 ^a	100 ^a
<i>C. annum</i> var. <i>glabriusculum</i> (garbanzo)	0.25	89.25 ^a	36.71 ^c
	0.50	97.08 ^a	31.76 ^c
	1.0	88.06 ^a	21.06 ^{cd}
	2.50	57.84 ^c	5.06 ^d
	0.25	87.25 ^a	38.30 ^c
<i>C. chinense</i> Jacq. (habanero)	0.50	72.53 ^b	65.96 ^b
	1.0	89.48 ^a	68.09 ^b
	2.50	63.35 ^{bc}	23.40 ^{cd}

* Lectura por columnas.

** Los valores del crecimiento son el promedio de cinco repeticiones, mientras que los valores de la producción de esporangios son el promedio de tres repeticiones.

***Con base en la prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), los valores sin letras en común son significativamente diferentes.

Tal como lo describieron Hari et al. (2024), al evaluar concentraciones de EM de 1, 2.5, 5, 10 y 20 mg mL⁻¹, y concluyeron que a 5 mg mL⁻¹ es suficiente para alcanzar el 100 % de inhibición de *P. infestans*. En cuanto a las especies de chiles, se esperaba encontrar diferencias en el efecto antagónico entre ellas. Otras investigaciones han registrado que entre especies con diferentes morfotipos no hay diferencia, sin embargo, cuando son comparadas con *C. chinense*, esta última es la que tiene el mayor efecto antagónico en el crecimiento micelial (López-Muñoz et al., 2019), lo que no se observó en este estudio sobre *P. tropicales*.

El efecto de ambos factores (especie de chile inmaduro y concentración de EM) sobre la producción de esporangios de *P. tropicalis* se muestran en el Cuadro 1. Todas las combinaciones tuvieron un efecto de reducción en el número esporangios. Pero la mayor inhibición de esporangios (94.94 %) se alcanzó con garbanzo a 2.50 mg mL⁻¹ de EM, donde solo se produjo un 5.06 %. En contraste, el EM de habanero a 2.50 mg mL⁻¹ permitió una mayor producción de esporangios (23.40 %). Numéricamente, las mayores inhibiciones de esporangios se lograron con garbanzo a concentraciones de 1 y 2.50 mg mL⁻¹ de EM. La concentración de EM tuvo un papel importante sobre la inhibición de los esporangios, a mayor concentración de EM, mayor inhibición. Es posible que, al aumentar la concentración de EM de esta especie, una inhibición completa sea alcanzada. Al comparar los resultados de este estudio con investigaciones previas (Baka, 2014; López-Muñoz et al., 2019), se pone de manifiesto que las especies de *Phytophthora* podrían ser más susceptibles a los extractos vegetales de origen alcohólico que a los extractos vegetales acuosos, debido a que los primeros permiten la extracción de una mayor concentración de metabolitos y su perfil es diferente. El mecanismo de acción de los EM en contra de *P. tropicalis* es debido a que contienen diversos compuestos fenólicos que pueden alterar el funcionamiento de su membrana celular (Cruz-Rodríguez et al. 2017), y su poder de inhibición sobre el crecimiento y esporulación pudo deberse a una inactivación de la enzima descarboxilasa. Tal como lo explica Guzmán-de Peña et al. (1998) y Cruz-Rodríguez et al. (2017), la inactivación de esta enzima provoca estrés en la membrana celular fúngica y conduce a reacciones que suprimen las proteínas relacionadas con el crecimiento celular, el desarrollo de hifas y estructuras de reproducción sexuales y asexuales.

Chiles maduros

El efecto de las especies de chiles maduros y su concentración de EM sobre el crecimiento micelial se registró en el Cuadro 2. El resultado a destacar de este análisis fue el obtenido con la combinación de habanero con 2.50 mg mL⁻¹ de EM, la cual alcanzó el menor crecimiento micelial, con un valor del 47.41 % con respecto al resto de los datos, los cuales

no mostraron diferencias significativas con respecto al control.

Lo anterior puede ser debido, principalmente, a las variaciones en el contenido de flavonoides y compuestos fenólicos que actúan directamente con el desarrollo micelial del patógeno. Los flavonoides, por ejemplo, desempeñan un papel importante en las defensas de las plantas contra fitopatógenos, y en particular de enfermedades fúngicas (Wang et al., 2024), no obstante, sus niveles en algunos frutos maduros de *Capsicum* spp. suelen ser inferiores a los frutos inmaduros (Menichini et al., 2009; de la Cruz-Ricardez et al., 2020b). Posiblemente esto explique por qué los EM de los chiles maduros no fueron muy efectivos en contra de *P. tropicalis*. Sumado a esto, es posible que haya a algún desbalance en las cantidades de compuestos activos que actúan sinérgicamente en contra de los patógenos (Bacon et al., 2017). Lo que hace que los EM pierdan su efectividad de inhibición en contra del oomiceto.

Cuadro 2. Porcentajes de crecimiento y producción de esporangios de *P. tropicalis* bajo el efecto de la especie de chile maduro y la concentración de EM

Especie	Concentración de EM (mg mL ⁻¹)	Crecimiento micelial (%)	Producción de esporangios (%)
Control positivo	0	100 ^{abc}	100 ^a
<i>C. annum</i> var. <i>glabriusculum</i> (garbanzo)	0.25	114.75 ^a	40.34 ^b
	0.50	113.33 ^a	21.59 ^{bc}
	1.0	109.79 ^a	31.06 ^b
	2.50	93.97 ^{bc}	16.10 ^{bc}
	0.25	109.97 ^a	23.81 ^{bc}
<i>C. chinense</i> Jacq. (habanero)	0.50	106.09 ^{ab}	37.55 ^b
	1.0	89.76 ^c	23.48 ^{bc}
	2.50	47.41 ^d	2.83 ^c

* Lectura por columnas.

** Los valores del crecimiento son el promedio de cinco repeticiones, mientras que los valores de la producción de esporangios son el promedio de tres repeticiones.

***Con base en la prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), los valores sin letras en común son significativamente diferentes.

Igualmente, el efecto de las especies de chiles maduros y su concentración de EM sobre los esporangios es presentado en el Cuadro 2. Diferencias significativas fueron encontradas, y todas las concentraciones de EM mostraron un efecto inhibitor sobre los esporangios. Con base en el análisis estadístico, las combinaciones con resultados bien diferenciados fueron dos grupos. El grupo b, conformado por garbanzo con 0.25 mg mL^{-1} (40.34 %), garbanzo con 1.0 mg mL^{-1} (31.06 %), y habanero con 0.5 mg mL^{-1} (37.55 %). Y el grupo c, conformado por la combinación habanero con 2.50 mg mL^{-1} (2.83 %). Siendo esta última combinación la que registró el menor número de esporangios. El resto de combinaciones compartieron similitudes con el grupo b y c. Los datos del Cuadro 2 mostraron una reducción significativa del crecimiento micelial y los esporangios debido a la combinación de chile habanero con 2.50 mg mL^{-1} de EM. Por lo tanto, esta combinación podría ser la mejor alternativa para combatir a *P. tropicalis*, al usar EM de frutos maduros.

Conclusiones

Los EM de los chiles inmaduros de las dos especies evaluadas, *C. annuum* var. *glabriusculum* morfotipo garbanzo y *C. chinense* Jacq., demostraron tener un efecto inhibitor en contra de *P. tropicalis*. La mejor concentración de EM para lograr estos efectos es de 2.50 mg mL^{-1} . En el caso de los EM de chiles maduros, *C. chinense* Jacq., con una concentración de 2.50 mg mL^{-1} , mostró el mejor efecto antagónico contra *P. tropicalis*. Estos tres tratamientos fueron las mejores combinaciones para usar contra *P. tropicalis* en condiciones *in vitro*, aunque concentraciones mayores podrían tener un mayor efecto. Su eficacia en ralentizar el crecimiento micelial y disminuir el número de esporangios podrían reducir indirectamente la diseminación de propágulos infecciosos (zoosporas). Por tanto, los tratamientos descritos

ofrecen oportunidades de investigación que podrían conducir al desarrollo de biotecnologías futuras para mejorar el control de la MN del cacao en Tabasco.

Literatura citada

Bacon, K., Boyer, R., Denbow, R., O'Keefe, S., Neilson, A. and Williams, R. 2017. Antibacterial activity of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) extract fractions against select foodborne pathogens. Food Science and Nutrition 5(3):730-738.

Baka, Z. A. M. 2014. Antifungal activity of extracts from five Egyptian wild medicinal plants against late blight disease of tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection 47(16):1988-2002.

Bharath, N. S., Raghunatha, R. L., Dhananjaya, B. N., Manjunatha, T. B., Premalatha, B. R. and Lakshman, B. S. 2023. *Capsicum*: A potential source of capsaicinoids with broad-spectrum ethnopharmacological applications. The Pharma Innivation Journal 12(2):250-255.

Chávez-Ramírez, B., Rodríguez-Velázquez, N. D., Chávez-Sánchez, M. E., Vásquez-Murrieta, M.S., Hernández-Gallegos, M. A, Velázquez-Martínez J. R., et al. 2021. Morphological and molecular identification of *Phytophthora tropicalis* causing black pod rot in Mexico. Canadian Journal of Plant Pathology 43(5):670-679.

Chtioui, W., Heleno, S., Migheli, Q. and Rodrigues, P. 2023. Plant extracts as biocontrol agents against *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin A production in grapes. International Journal of Food Microbiology 407:110425.

Cruz-Rodríguez, R. I., Meza-Gordillo, R., Rodríguez-Mendiola, M. A., Arias-Castro, C., Mancilla-Margalli, N. A., Ávila-Miranda, M. E. et al. 2017. Antifungal activity of *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. extracts against phytopathogen fungi from maize. Gayana Botánica 74(1):167-175.

De la Cruz-Ricardez, D., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L. C. y Torres-de la Cruz, M. 2020a. Efecto antifúngico *in vitro* de extractos metanólicos de *Capsicum* spp. en *Moniliophthora roreri*. *Agrociencia* 54(6):813-824.

De la Cruz-Ricardez, D., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L. C., Torres-de la Cruz, M. y Hernández-Nataren, E. 2020b. Compuestos fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum* spp. de Tabasco, México. *Agrociencia* 54(4):505-519.

Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS PRESS. St. Paul, MN, USA. 592 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Consultado el 12 de mayo de 2024].

Francisco-Santiago, S. P., Palma-López, D. J., Sánchez-Hernández, R., Obrador-Olán, J. J. y García-Alamilla, P. 2023. Fertilidad edáfica y nutrición en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres suelos de Tabasco, México. *Terra Latinoamericana* 41:1-18.

Gisi, U., Zentmyer, G. A. and Klure, L. J. 1980. Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* and *P. palmivora* in soils at different matric potentials. *Phytopathology* 70(4):301-306.

Guzmán-de Peña, D., Aguirre, J. and Ruiz-Herrera, J. 1998. Correlation between the regulation of sterigmatocystin biosynthesis and asexual and sexual sporulation in *Emericella nidulans*. *Antonie van Leeuwenhoek* 73:199-205.

Hari, A., Echchgadda, G., Darkaoui, F-A., Taarji, N., Sahri, N., Sobeh, M. et al. 2024. Chemical composition, antioxidant properties, and antifungal activity of wild *Origanum elongatum* extracts against *Phytophthora infestans*. *Frontiers in Plant Science* 15:1278538.

López-Muñoz, N. R., Romero-Bastidas, M., Arce-Amézquita, P. M. y Hernández-Rubio, J. S. 2019. Actividad antifúngica de antioxidantes derivados de cuatro cultivares de *Capsicum* spp. contra hongos fitopatógenos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6(18):487-498.



Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M. R., Conforti, F., Statti, G. et al. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. vs Habanero. Food Chemistry 114:553-560.

Phillips, M. W. and Galindo, J. J. 1989. Métodos de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Turrialba 3(4):488-496.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2023. Con esquema integral, Agricultura garantiza la sostenibilidad de la cadena productiva de cacao. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/con-esquema-integral-agricultura-garantiza-la-sostenibilidad-de-la-cadena-productiva-de-cacao?idiom=es> [Consultado el 14 de mayo de 2024].

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2024. De México para el mundo: cacao. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/de-mexico-para-el-mundo-cacao> [Consultado el 14 de mayo de 2024].

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256425/B_sico-Cacao.pdf [Consultado el 14 de mayo de 2024].

Sántiz-Tovilla, R., Nadal, A., Salvatierra-Izaba, B., Nazar-Beutelspacher, D. A. and Bello-Baltazar, E. 2022. Análisis de los factores que limitan a los pequeños productores en el desarrollo de la actividad cacaotera en México. Research in Agricultural & Applied Economics 29(56):39-63.

Soto-Plancarte, A., Rodríguez-Alvarado, G., Fernández-Pavía, Y.L., Pedraza-Santos, M. E., López-Pérez, L., Díaz-Celaya, M. et al. 2017. Protocolos de aislamiento y diagnóstico de *Phytophthora* spp. enfoque aplicado a la investigación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(8):1867-1880.

Zhou, X., Zeng, M., Huang, F., Qin, G., Song, Z. and Liu, F. 2023. The potential role of plant secondary metabolites on antifungal and immunomodulatory effect. *Applied Microbiology and Biotechnology* 107:4471-4492.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Resumen

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. ²División de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ³Universidad Politécnica de Chiapas. *Autor de correspondencia: pablo.maricela@colpos.mx

el tipo de suelo y existen morfoespecies de HMA exclusivas para cada tipo de suelo, observándose el mayor número de morfoespecies exclusivas en el suelo Nitisol. Asimismo, se encontraron 10 morfoespecies que son las comunes en los tres tipos de suelo estudiado.

Palabras clave: Chile amashito, micorrizas, asociación simbiótica, suelos.

Introducción

El género *Capsicum* pertenece a la familia *Solanaceae* y es originario de la región tropical y subtropical de América. Actualmente, en este género se incluyen 33 especies y 10 variedades o variantes (GRIN, 2022); de las cuales cinco han sido domesticadas: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz & Pav. (Kraft et al., 2013; Zhang et al., 2022). *C. annuum* es una especie importante, debido a su alto consumo a nivel mundial (Olatunji y Afolayan, 2018).

México es considerado uno de los principales centros de domesticación de esta especie, debido a la diversidad de variantes silvestres que se localizan en el país (Loaiza-Figueroa et al., 1989), donde muestran una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, entre ellas la radiación solar recibida.

En el sureste de México, entre los chiles silvestres presentes y culturalmente apreciados está *C. annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill, con las variantes amashito (AMA), garbanzo (GAR) y ojo de cangrejo (Castañón-Nájera et al., 2008; De la Cruz-Lázaro et al., 2017; Velázquez-Ventura et al., 2018). Dichos chiles crecen en ambientes diversos bajo sombra o sol directo. Principalmente se les encuentra en ecosistemas como acahuals o montañas, además, son frecuentes en agrosistemas como cacao, plantaciones de coco, plátano, cítricos, y huertos familiares, así como en potreros y orillas de caminos (Gutiérrez-Burón et al., 2020).

La adaptabilidad que muestran estas especies silvestre a tipos de suelo donde la riqueza en nutrimentos puede variar de abundante a limitados, han mostrado cambios en su morfología, ciclos de crecimiento y tal vez en la calidad de sus frutos. En relación, Gonzales- Chávez et

al. (2005) comparten que, en estos ambientes, las plantas se asocian con los HMA, como una estrategia ecológica de persistencia y productividad.

El chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) aunque es un recurso fitogenético valioso culturalmente, no es cultivado, sino fomentado y recolectado en los huertos familiares y plantaciones. (Rodríguez del Bosque et al., 2005; Hayano-Kanashiro et al., 2016).

Los estudios realizados en el chile amashito han sido para conocer la diversidad fenotípica (Gutiérrez-Buron et al., 2020), latencia y germinación (Prado-Urbina et al., 2015; López-España et al., 2017), aspectos agronómicos (Mares-Quñones y Valiente-Banuet, 2019), potencial de uso como biofungicida (De la Cruz-Ricardez et al., 2020; De la Cruz-Ricardez et al., 2023) y conservación de semillas (Lagunes-Espinoza et al., 2024), pero son escasos los estudios realizados en la microbiota rizosférica de *Capsicum* y particularmente en la de *C. annuum* var. *glabriusculum*, donde se reportaron presencia de hongos micorrízicos arbusculares (Sánchez-Sánchez et al., 2018).

En el municipio de Huimanguillo, Tabasco, existe una gran variedad de tipos de suelos distribuidos en las zonas de lomeríos y planicies, entre los más representativos por superficie ocupada están los acrisoles, suelos con pH ácido y pobres en nutrientes que se distribuyen en la zona de lomeríos, y los suelos vertisoles y fluvisoles que son de textura arcillosa a franca, fértiles y con drenaje deficiente que se distribuyen en la planicie (Zavala-Cruz et al., 2014; Palma-López et al., 2017). En estos suelos se encuentran poblaciones naturales de chiles silvestres producto de la dispersión de semillas a través de las aves (Vázquez-Dávila, 1996). La interacción entre la fertilidad de los suelos y la presencia y diversidad de HMA podría estar influyendo en la persistencia de los chiles silvestres en los diferentes tipos de suelo de la región, como señala Gonzales- Chávez et al. (2005). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la riqueza y la abundancia de morfoespecies de hongos micorrízicos arbusculares asociados a la rizósfera de chile amashito en tres tipos de suelo de Huimanguillo, Tabasco.



Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la zona suroeste del estado de Tabasco, en planicies y lomeríos del municipio de Huimanguillo, ubicado en las coordenadas 17°33'50.88" Latitud Norte y 93°30'45.08" Longitud Oeste, a una altitud de 430 msnm. El área de estudio forma parte de la región fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, al este del área presenta planicies con sedimentos aluviales del Cuaternario (Holoceno), alimentados por el Río Grijalva, al oeste del área dominan lomeríos sobre arena, limo, arenisca y conglomerado del Plioceno-Pleistoceno (SGM, 2005). Prevalece el clima Af (m) cálido húmedo con lluvias todo el año, precipitación de 2600 a 2800 mm y temperatura de 24 a 26 °C (Aceves-Navarro y Rivera-Hernández, 2019).

La vegetación típica en la zona de estudio en la planicie es de pastizales, cultivos de plátano, cacao, maíz, y forestales, mientras que en lomeríos se observan cultivos de limón, piña, hule, palma de aceite, pasto y forestales principalmente; además, poblaciones silvestres de chile amashito (Figura 1).

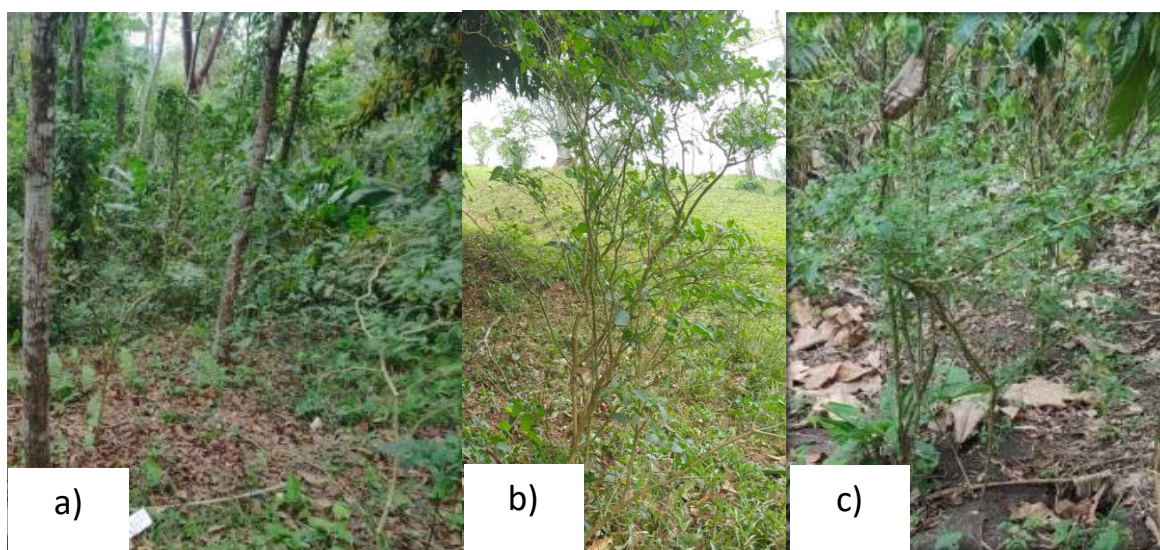


Figura 1. Poblaciones naturales de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* en diferentes tipos de vegetación de Huimanguillo, Tabasco. a) forestal, b) pastizal y c) plantación de hule

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

morfoespecies, representando cada uno el 6%, y finalmente el género *Diversispora* con una sola morfoespecie, correspondiente al 3% de la riqueza.

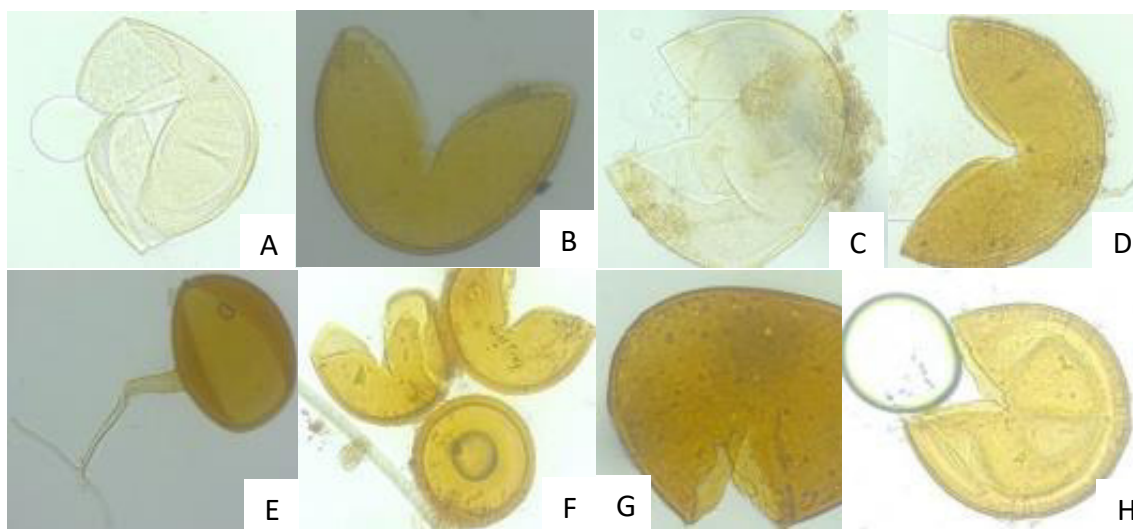


Figura 2. Géneros de HMA presentes en la rizosfera de poblaciones silvestres de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* en tres tipos de suelo de Huimanguillo, Tabasco. A) *Acaulospora*, B) *Claroideoglomus*, C) *Diversispora*, D) *Funneliformis*, E) *Glomus*, F) *Rhizophagus*, G) *Gigaspora*, H) *Scutellospora*.

De forma específica, la distribución de la riqueza HMA por tipo de suelo y la interacción se puede observar en la figura 3. Diez de las 32 morfoespecies se aislaron de la rizosfera de chile en los tres tipos de suelo correspondiente al 31% y son *Ac*-04, *Ac*-12, *Cl*-1, *Di*-01, *Fu*-01, *Fu*-03, *Gl*-01, *Gl*-03, *Gl*-04, *Rh*-02 y *Rh*-04. Asimismo, se encontraron cuatro morfoespecies presentes en los suelos Nitisol y Fluvisol equivalente al 12.5% (*Ac*-09, *Ac*-13, *Rh*-01 y *Gi*-01). En los suelos Fluvisol y Acrisol se presenta dos morfoespecies (*Ac*-11 y *Gi*-02), y en los suelos Nitisol y Acrisol se detectaron siete morfoespecies (*Ac*-01, *Ac*-05, *Ac*-08, *Ac*-14, *Fu*-02, *Gl*-02 y *Sc*-02). De forma exclusiva, en el suelo Nitisol se determinó la presencia de seis morfoespecies (*Ac*-01, *Ac*-03, *Ac*-06, *Ac*-07, *Ac*-10 y *Sc*-01).

En el suelo Acrisol, de forma exclusiva, solo se detectó la morfoespecie del género *Diversispora* (Di-01) y en el caso del suelo Fluvisol la detección exclusiva correspondió a dos morfoespecies (Cl-02 y Rh-03). En el caso de la riqueza del suelo Nitisol, está dada por la presencia de 27 de las 32 especies, equivalentes al 84%. En el suelo del suelo Acrisol por la presencia de 20 de las 32 morfoespecies, que corresponden al 62%, y en el suelo Fluvisol la riqueza fue de 18 de 32 morfoespecies, equivalente al 56%.

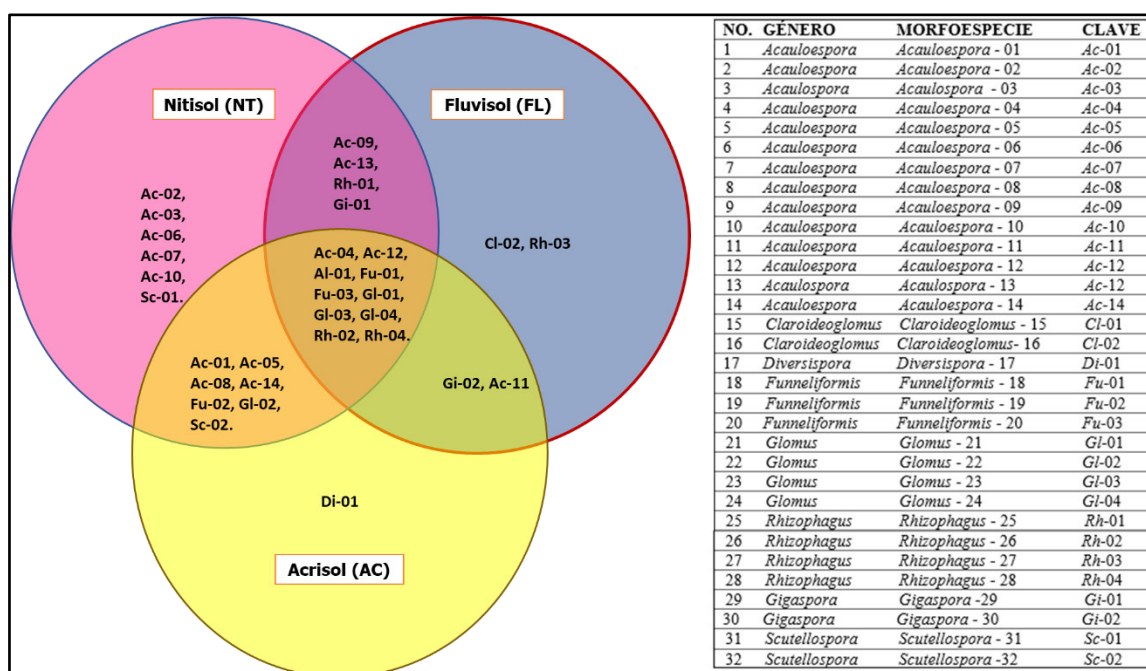


Figura 3. Distribución de morfoespecies de HMA asociados a la rizosfera de chile amashito en suelos Nitisol, Acrisol y Fluvisol de Huimanguillo, Tabasco.

Abundancia de morfoespecies HMA

Con respecto a la abundancia de morfoespecies de HMA, el suelo Nitisol mostró la mayor con 311 esporas por sitio. En el suelo Acrisol la abundancia correspondió a 182 esporas por sitio y en el Fluvisol fue de 193 esporas por sitio. La abundancia de las 32 morfoespecies detectadas en los tres tipos de suelo es como sigue: en el suelo Nitisol se encontraron cinco morfoespecies con mayor abundancia: *Acauloespora* – 12 (130), *Glomus* – 03 (113), *Glomus* – 04 (62), *Rhizophagus* – 01 (72) y *Rhizophagus* – 02 (74). En el suelo Acrisol cuatro especies son las más abundante: *Claroideoglossum* – 01 (59), *Funneliformis* – 03 (57), *Glomus* – 03

(55) y *Rhizophagus* – 04 (65). En el suelo Fluvisol cuatro morfoespecies encontradas: *Funneliformis* – 01 (55), *Glomus* – 03 (64), *Rhizophagus* – 03 (85) y *Gigaspora* – 02 (83). Siendo la morfoespecie *Acauloespora* – 12 la más abundante en el suelo Nitisol e igualmente presente en los suelos Acrisol y Fluvisol pero con abundancia baja.

De acuerdo con Redecker et al. (2013) la clasificación de los HMA se ubican dentro de la clase Glomeromycota agrupados en nueve familias: *Glomeraceae*, *Pacisporaceae*, *Acaulosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae*, *Claroideo-Glomeraceae*, *Paraglomeraceae*, *Archoesporaceae* y *Ambisporaceae* y 16 géneros (*Acaulospora*, *Ambispora*, *Arqueospora*, *Cetraspora*, *Claroideoglomus*, *Dentiscutata*, *Diversispora*, *Entrofospora*, *Funneliformis*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Paraglobo*, *Racocetra*, *Rizofago*, *Scutellospora* y *Septoglomo*). En nuestro estudio encontramos ocho de los 16 géneros descritos.

Es importante señalar la capacidad de adaptación de las micorrizas a diferentes suelos, el suelo Nitisol y Acrisol comparten siete especies, Nitisol y Fluvisol dos especies y los suelos Acrisoles y Fluvisoles dos especies. Con respecto a los tres tipos de suelos comparten un total de 10 morfoespecies de micorrizas, y se pueden considerar que tienen menos restricciones ambientales para colonizar la rizosfera de Chile.

De los tres suelos estudiados, el suelo Nitisol es el que más limitaciones nutrimentales presenta (Zavala-Cruz et al., 2014; Palma-López et al., 2017) y es el que muestra mayores interacciones con HMA, debido tal vez para mantener la estabilidad nativa (Dilantha y Ru, 2012). Bertolini et al. (2018) apoya la idea que existen patrones de interacción complejos entre las comunidades de HMA y de plantas. La riqueza y composición de HMA pueden diferir en función de los hospederos disponibles, la esporulación entre las especies de HMA y las condiciones edáficas (Smith y Read, 2008).

Son escasos los estudios de abundancia HMA en suelo, en el presente estudio, la abundancia de esporas por sitio encontradas en 100g de suelo fue menor a lo que reporta Salgado García

et

al. (2014) (943 esporas) por 100 g de suelo, en promedio, en las diferentes subunidades edáficas en la región de la Chontalpa, Tabasco; sin embargo, menor diversidad de morfoespecies (16). Por otra parte, los resultados del presente trabajo se encuentran entre los rangos que reporta Osorio-Miranda et al. (2013) de 150 a 750 en 100 g⁻¹ en de suelos de sabana en Tabasco, México. Con respecto a la riqueza de morfoespecies, los estudios están más asociados a cultivos que, a vegetación natural, lo que permite comentar que el número de morfoespecies identificadas fue superior al reportado en cafetales de Chiapas (Bertolini et al., 2018; Robles-González et al 2023) y Veracruz, México (Trejo et al., 2011), e inferior a lo reportado por Posada et al. (2016) en el mismo cultivo en Colombia y México (81 y 79) especies.

Conclusiones

La riqueza y abundancia de HMA en la rizósfera de poblaciones silvestres de chile amashito varía con el tipo de suelo. Existen morfoespecies de HMA exclusivas para cada tipo de suelo estudiado, observándose el mayor número de morfoespecies exclusivas en el suelo Nitisol. Asimismo, se encontraron 10 morfoespecies que son comunes a los tres tipos de suelo en estudio. Se observa una tendencia inversa entre la fertilidad de los suelos y la riqueza y abundancia de HMA; en los suelos de menor fertilidad como el Nitisol, se observó mayor abundancia y riqueza de HMA en comparación de los suelos los acrisoles y fluvisoles.

Literatura citada

Aceves-Navarro, L.A., Rivera-Hernández, B., (2019), Clima, en Mata-Zayas, E. E., Palma-López D.J. (eds.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Tabasco. La Biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado: Vol. I. CONABIO, México, 61-68.

Bertolini V., N. M. Montaña, E. Chimal S., L. Varela F., J. Gómez R., J. M. Martínez V. (2018). Abundancia y riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en cafetales de Soconusco, Chiapas, México. Revista de Biología Tropical 66:91-105

Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, N. Malajczuk, (1996). Working with mycorrhizas in forestry and agricultura. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research. 32, p. 374.

Castañón-Nájera, G., L. Latournerie-Moreno, M. Mendoza Elos, A. Vargas-López, y H.

De la Cruz-Lázaro, E., C. Márquez-Quiroz, R. Osorio-Osorio, P. Preciado-Rangel, y C. Márquez-Hernández. (2017). Caracterización morfológica in situ de chile silvestre Pico de paloma (*Capsicum frutescens*) en Tabasco, México. Acta Universitaria, (27): 10-16.

De la Cruz-Ricardez D., Lagunes-Espinoza L. C., Ortiz-García C. F., Hernández-Nataren E., Soto-Hernández R. M., Acosta-Pech R. G. (2023). Phenology, yield, and phytochemicals of *Capsicum* spp. in response to shading. Botanical Sciences, 100(3), 865-882.

De la Cruz-Ricardez D., Ortiz-García C. F., Lagunes-Espinoza L. C., TorresDe la Cruz M. (2020). Efecto antifúngico in vitro de extractos metanólicos de *Capsicum* spp. en *Moniliophthora roreri*. Agrociencia, 54, 813-824.

Gerdemann J. W. and T. H. Nicolson (1963) Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46:235-244.

González-Chavez, Ma. C. (2005). Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Terra Latinoamericana 23(1): 29-37.

GRIN. (2022). U.S. National Plant Germplasm System: Peppers. Germplasm Resources Information Network. Disponible en: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomylist.aspx?category=species&type=genus&value=Capsicum&id=2056>. Consultado en enero 2022.

Gutiérrez-Burón, R., L. Latournerie-Moreno, R. Garruña-Hernández, E. Ruiz-Sánchez, A.R. Lara-Martín, y G. Castañón-Nájera, (2020). Diversidad fenotípica de chile Amashito de Tabasco y Chiapas, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(3): 649-662.

Hayano-Kanashiro, C., N. Gámez-Meza, L.A. Medina-Juárez. (2016). Wild Pepper *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: Taxonomy, Plant Morphology,



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Olatunji, T. L., and A.J. Afolayan, (2018). The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. Food science & nutrition, 6, 2239–2251, doi: 10.1002/fsn3.790

Osorio-Miranda M., M. Castelán-Estrada, J.F. Gómez-Leyva, S. Salgado-García, L. Hernández-Cuevas. (2013). Hongos Micorrízicos Arbusculares de Suelos de Sabana en Tabasco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(2): 171-182.

Palma-López, D.J., R. Jiménez-Ramírez, J. Zavala-Cruz, F. Bautista-Zúñiga, F. Gavi-Reyes, D.Y. Palma-Cancino. (2017), Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agro Productividad*, 10: 29-35.

Polo-Marcial M. H., L. A. Lara-Pérez, B. Tomio G., X. Margarito-Vista and A. AndradeTorres (2021) Glomeromycota in Mexico, a country with very high richness. *Sydowia* 74:33-63.

Posada, R. H., M. Sánchez de Prager, G. Heredia, E. Sieverding, E. (2016). Effects of soil physical and chemical parameters, and farm management practices on arbuscular mycorrhizal fungi communities and diversities in coffee plantations in Colombia and Mexico. *Agroforestry Systems*.

Prado-Urbina, G., L.C. Lagunes-Espinoza, E. García-López, C. del C. Bautista-Muñoz, W. Camacho-Chiu, F. Mirafuentes, y V. Heber Aguilar-Rincón. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosist. Recur. Agropec.* 2: 139-149.

Robles-González K. José D. Álvarez-Solis, Vicencio-Bertolini y Yolanda C. Pérez-Luna. (2023). Diversidad y propagación de hongos micorrízicos arbusculares nativos de un cafetal organico en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia. Mexicana*. Vol. 46 (29): 147.155.

Rodríguez-Del Bosque, L. A. (2005). Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2): 279-281.

Salgado G.S., M. Castelán Estrada, R. Jiménez Jerónimo, J.F. Gómez Leyva, M. Osorio Miranda. (2014). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en suelos cultivados con caña de azúcar en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista mexicana de micología*, 40: 7-16.

Sánchez-Sánchez, A.A., S.M. Salcedo-Martínez, S.M., Mendoza-Villarreal, R., Pinedo-Espinoza, J.M. Moreno-Limón. (2018). Aislamiento e Identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) Asociadas a la Rizósfera del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare* L.). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos 3: 86-91

Schüßler, A., y C. Walker, C. (2010). Glomeromycota species list. Recuperado de <http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo/>

Smith, S. E., y D.J. Read. (2008). Mycorrhizal symbiosis 3^{er} edn. Academic Press, London.

Trejo D., Ferrera-Cerrato R., García R., Varela L., Lara L., Alarcón A. (2011) Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. Revista Chilena de Historia Natural 84: 23–31

Varela, L., L.V. Hernández-Cuevas, E. Chimal-Sánchez, N.M. Montaña, (2019). Diversidad taxonómica de hongos micorrizógenos arbusculares citados en México. In:Álvarez-Sánchez, F.J., P. Rodríguez-Guzmán, A. Alarcón (eds.), Biodiversidad de microorganismos en México. Importancia, aplicación y conservación. UNAM, Ciudad de México. Pp. 104-155.

Vázquez-Dávila, M. A. (1996). Conocer y crear "El amash y el pistoqué": dos aspectos de la ecología chontal de Tabasco, México. Etnoecológica. 3: 59-69.

Velázquez-Ventura, J. C., C. Márquez-Quiroz, E. De la Cruz-Lázaro, R. Osorio-Osorio, P. Preciado-Rangel. (2018). Morphological variation of wild peppers (*Capsicum* spp.) from the state of Tabasco, Mexico. Emirates Journal of Food and Agriculture, 30: 115-121.

Zavala-Cruz, J., R. Jiménez-Ramírez, D.J. Palma-López, F. Bautista-Zúñiga, F. Gavi-Reyes 2016. Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México: Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 3: 161-171.

Zhang, B., F. Hu, X. Cai, J. Cheng, Y. Zhang, H. Lin, K. Hu, Z. Wu, Z. (2022). Integrative analysis of the metabolome and transcriptome of a cultivated pepper and its wild progenitor Chiltepin (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) revealed the loss of pungency during *Capsicum* domestication. Front. Plant Sci. 12:783496.1-14.

ESTRUCTURA TÉCNICO, PRODUCTIVA Y DE MERCADO DEL LIMÓN PERSA *Citrus latifolia* EN HUIMANGUILLO TABASCO

Jaime Rangel Quintos^{1*}, Venancio Cuevas Reyes¹ y Sergio Alberto Curti Díaz¹

Resumen

El limón Persa es uno de los cultivos con mayor potencial e importancia para la generación de divisas en el país, su producción está concentrada en un 80% en los estados de Veracruz, Tabasco y Oaxaca. Esta variedad de limón tiene la cualidad de producirse durante todo el año siendo la temporada de lluvias donde el volumen se incrementa. El estado de Tabasco cuenta con un amplio potencial edafoclimático para la producción de limón Persa, siendo Huimanguillo el principal municipio productor concentrando con una superficie plantada de más de 7.2 mil ha, con una producción de 88.1 mil toneladas. El objetivo de este trabajo fue describir características socioeconómicas, técnico productivas y de mercado de productores de limón Persa en Huimanguillo, Tabasco. Para lo cual, se aplicó un cuestionario a 35 productores dividido en tres secciones: 1) características sociales del productor, 2) aspectos de producción y problemática técnico-productivo; y 3) aspectos de comercialización y mercado de limón Persa. Para el análisis de la información se aplicó un criterio de agrupación por el método de vinculación de Ward y la medida de asociación fue la distancia euclídea al cuadrado, de tal forma que se obtuvieron dos grupos (C1 y C2) los cuales fueron caracterizados por estadística descriptiva. El grupo C1 tuvo un menor uso de tecnologías y mayores problemáticas técnicas, además de ser el grupo que recibe menos asesoría técnica. El grupo C2 por el contrario se caracterizó por utilizar más tecnologías. La problemática general está asociada al control de enfermedades y a desconocimiento en la aplicación correcta del paquete tecnológico, por lo que se requiere una mayor capacitación en estos rubros. Se concluye que esta región tiene potencial técnico productivo y agroecológico para

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: rangel.jaime@inifap.gob.mx

desarrollarse, requiere una mayor capacitación diferenciada de acuerdo con la tipología identificada en el manejo integral de la huerta.

Palabras clave: cítricos, análisis clúster, tipología de productores.

Introducción

El limón es uno de los cítricos más importantes para el país, alrededor del 30% que se produce se exporta (SIAVI, 2023). De acuerdo con Curti *et al.* (2024), en México se cultivan tres especies de limón: limón Persa o sin semilla (*Citrus latifolia*), el limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) y limón amarillo o Italiano (*Citrus limon*). El limón Persa se cultivó en poco más de 113 mil ha en 2023, con alrededor de 1.6 millones de toneladas, siendo los estados de Veracruz, Tabasco y Oaxaca quienes concentran más del 70% de la producción en el ámbito nacional (SIAP, 2024). Esta especie de limón se puede producir durante todo el año, siendo las épocas de lluvias donde se concentra el mayor volumen de producción (Caamal *et al.*, 2014). El limón Persa es muy valorado para la exportación debido a sus características de mayor tamaño y cantidad de jugo, menor acidez, ausencia de semilla, aportación de vitamina C y mayor vida de anaquel (Lambert *et al.*, 2015). El estado de Tabasco tiene una participación con más de 90 mil toneladas, siendo el municipio de Huimanguillo el principal productor con el 97% de la producción estatal, con rendimientos de 12.14 ton·ha⁻¹ y con una superficie plantada de más de 7.2 mil ha, con una producción de 88.1 mil toneladas. El 20% de la superficie plantada es bajo sistema de riego, el cual tiene un rendimiento de 18.5 ton·ha⁻¹. El limón Persa representó para el estado de Tabasco un valor de producción de 430. 4 millones de pesos en el 2023 (SIAP, 2024).

De acuerdo con Aceves *et al.* (2008) el estado de Tabasco cuenta con un alto potencial edafoclimático, para cultivar limón Persa en 365,024 hectáreas, siendo el factor acidez del suelo, por un alto contenido de aluminio intercambiable, su principal limitante. Además del municipio de Huimanguillo se cuenta con un alto potencial en los municipios de Balancán, Cárdenas, Centla, Centro, Emiliano Zapata, Jalapa, Jonuta, Macuspana, Nacajuca, Tacotalpa, Teapa y Tenosique. No obstante, existen factores que limitan la producción de cítricos en

general, tanto a nivel local como mundial, ya que se cuenta con una variabilidad genética escasa, tanto de variedades como de patrones, por lo que la especie es susceptible a enfermedades y plagas, emergentes e invasivas, o limitadas por factores bióticos o abióticos. Mucha de esta problemática, está ligada al escaso nivel tecnológico dentro de las unidades de producción que implican desde practicas poco eficientes de las labores culturales como son las podas, la fertilización, re plantaciones, riego, entre otros al carecer de capacitación adecuada y financiamiento. De acuerdo con Curti et al. (2024), la productividad de los cítricos depende del efecto adverso o benéfico de factores bióticos y abióticos sobre el cultivo y por el manejo tecnológico que los productores le dan a su huerta. En este sentido, el objetivo de este trabajo se enfoca en la descripción y análisis de las características y problemáticas socioeconómicas, técnico productivas y de mercado que definen la producción local de limón en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Materiales y métodos

Zona de estudio. El estudio se realizó en el municipio de Huimanguillo en el estado de Tabasco, en las coordenadas 17°50'07"N 93°23'27", aproximadamente a 65 km de Villahermosa, capital del Estado. Colinda al norte con el municipio de Cárdenas, al este y al sur con el estado de Chiapas, al sur y al oeste con el estado de Veracruz. Es el municipio más grande de Tabasco con una altitud promedio de 10 metros sobre el nivel del mar. El clima prevaleciente es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano con temperatura media anual de 26.2°C, máxima y mínima absoluta entre 45°C y 14°C. El régimen de precipitación pluvial es de 2,290.3 mm anuales, principalmente en el mes de septiembre, y nula en el mes de abril (INEGI, 2010). La vegetación es diversa prevaleciendo la selva alta perennifolia con árboles mayores de 30 m de altura y algunos de selva media perennifolia de 15 a 30 m de altura como el cedro, caoba y tatuán. El municipio es preponderantemente productor agroalimentario destacando, como sus principales cultivos, el maíz grano, caña de azúcar, naranjo, limón y cacao con superficies sembradas de 11,626, 8,348, 7,448, 7,015, y 4,710.37 hectáreas, respectivamente (SIAP, 2022)

Selección de la muestra. Para seleccionar la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico (Hernández, 2021). Treinta y cinco productores fueron entrevistados por investigadores del INIFAP en diciembre de 2023.

Técnicas de recolección de la información. Se elaboró y aplicó un cuestionario en tres secciones: la primera sección relacionada con las características sociales del productor (edad, escolaridad, número de miembros totales en su familia, principal actividad productiva, y tipo de tenencia de la tierra). La segunda sección relacionada con la producción y problemática técnico productivo (superficie agrícola, superficie plantada de limón persa, árboles por hectárea, edad de la plantación, rendimientos y épocas de cosecha, portainjertos utilizados, uso de innovaciones, tipo de plagas, enfermedades, control de arvenses, y otros problemas importantes). La sección tres, estuvo relacionada con aspectos de comercialización y mercado de limón Persa (a quien vende, precio, como vende la producción, su destino, tipos de apoyos con los que cuenta y su problemática en la venta).

Análisis de la información. Para identificar y caracterizar a los grupos se siguió a Cuevas *et al.* (2024). El criterio de agrupación fue el método de vinculación de Ward y la medida de asociación fue la distancia euclídea al cuadrado. La estandarización de las variables se realizó mediante la puntuación Z en SPSS. Posteriormente, se elaboró el dendrograma y se realizó la caracterización de las tipologías. La descripción de los grupos se hizo mediante estadísticas descriptivas. El análisis de los indicadores de las tecnologías de adaptación a la sequía se realizó mediante análisis de frecuencia. Los análisis fueron realizados con el software SPSS 27.0 para Windows. Para la comparación de los grupos se utilizó la prueba t de Student.

Resultados y discusión

Para realizar el análisis clúster se seleccionaron ocho variables cuantitativas relacionadas con los aspectos sociales del productor, recursos y rendimientos agrícolas (Cuadro 1), las cuales de acuerdo con la literatura influyen en la adopción de tecnología (Feder *et al.*, 1985).

Cuadro 1. Variables utilizadas para el análisis clúster.

Variables	Unidades	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Edad	años	43	21	73	16.6
Escolaridad	años	2.9	0	5	1.2
Miembros de familia	#	3.5	0	9	1.8
Superficie total	ha	7.9	1	65	13.5
Superficie de Limón Persa	ha	3.4	1	15	3.5
Árboles plantados	ha	290	50	550	102
Edad de la plantación	años	3.41	1	10	2.15
Rendimiento	t ha ⁻¹	11.2	3	2	40

Fuente: Elaboración propia. (n=35)

Tipología de las Unidades de Producción

El análisis clúster permitió clasificar a los productores en dos grupos o clústeres: el Clúster1 (C1, n=28) constituye el 80 % de UP y el Clúster2 (C2, n=7) representa el 20%del total de la muestra (Figura 1).

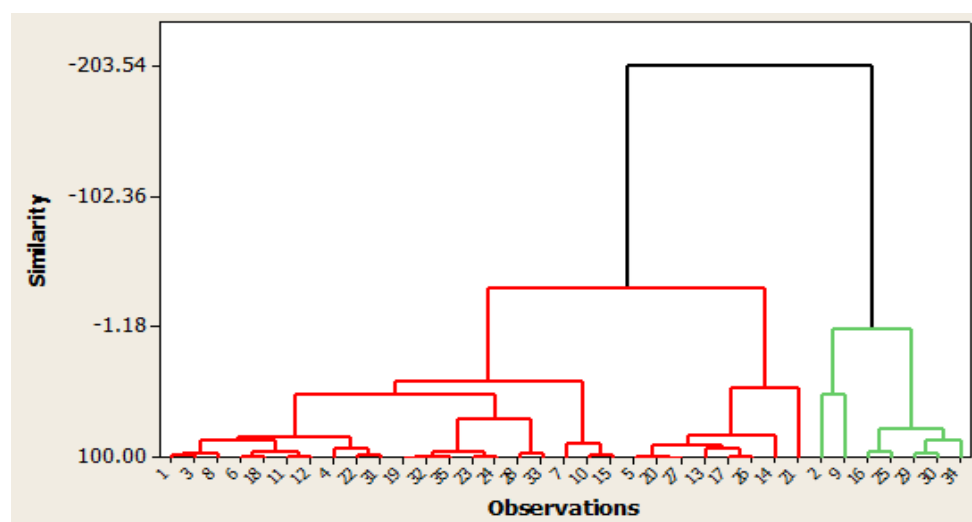


Figura 1. Dendrograma de las tipologías de unidades de producción

Características sociales y tenencia de la tierra

Los productores de limón Persa son relativamente jóvenes, con una edad promedio de 43 años en los dos grupos identificados, esta característica puede permitir que los productores

sean más receptivos al uso de nuevas innovaciones tecnológicas y temas de capacitación. En general, se observa que aún tienen varios integrantes que dependen económicamente del jefe de familia; 3.3 ± 1.8 para el C1 y 4.4 ± 1.2^a para el C2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Edad y número de hijos de los grupos de productores (media $\pm$ de)

Clúster	Edad (años)	Hijos totales (#)
C1	43 ± 16.6^a	3.3 ± 1.8^a
C2	44.5 ± 10.6^a	4.4 ± 1.2^a

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba t de Student

El 85.7 % de los responsables en las unidades de producción (UP) del C1 son hombres y el 14.3 % mujeres; el C2 tiene el 100% a hombres como responsables de las UP. El C1 es el que tiene mayor diversidad en el nivel de escolaridad, pues se cuenta con responsables de unidades de producción con estudios a primaria (17.9%), nivel secundario (25.0%), preparatoria (21.4%) y universidad (35.7 %). En contraste, los productores del C2 cuentan con estudios a nivel bachillerato (28.6%) y universidad (71.4%). Más de la mitad de los productores de ambos grupos tienen otra actividad, además de la citricultura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables sociales y económicas en los grupos de productores (%)

Clúster	Género		Escolaridad				Otra actividad	
	Masculino	Femenino	Primario	Secundario	Preparatorio	Universitario	Cítrico	Otro
C1	85.7	14.3	17.9	25.0	21.4	35.7	42.9	57.1
C2	100	0	0	0	28.6	71.4	14.3	85.7

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba t de Student

Los productores del C1 tienen diversos tipos de tenencia de la tierra; 71.4% tienen propiedad ejidal, 21.4% tiene propiedad privada y 7.1 % la tiene prestada. En el C2, 71.4% tiene

propiedad ejidal y 28.5% propiedad privada. En general, en los dos grupos, predomina la superficie plana (96.4% en el C1) y 85.7% (C2).

Disponibilidad de tierra y variables productivas de limón Persa

En promedio, la superficie agrícola total es la siguiente: para el C1 de 3.8 ± 4.5^a ha y de 27.4 ± 23.1^b ha para el C2. Esta variable resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$), en el C1 solo un productor mencionó contar con superficie de riego (3 ha) y en el C2 un productor con 15 ha, en el caso de la superficie de temporal también resultó significativa (Cuadro 4).

Cuadro 4. Hectáreas de superficie agrícola total y temporal (media $\pm$ de)

Clúster	Superficie total	Superficie bajo temporal
C1	3.8 ± 4.5^a	3.4 ± 4.5^a
C2	27.4 ± 23.1^b	22.5 ± 21.0^b

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba prueba t de Student

La superficie plantada con limón Persa fue diferente ($p < 0.05$) entre clústeres y se realiza bajo la modalidad de temporal, y esta va de 2.0 ± 1.6 ha para el C1 a 8.7 ± 4.5 ha para el C2 (Cuadro 5). La densidad de planta por hectárea va de $278 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$ para el C1, hasta $340 \cdot \text{ha}^{-1}$ para el C2 ($p < 0.05$). También, la edad de las plantaciones y el rendimiento presentaron diferencias significativas entre clusters: 2.4 ± 1.6 y 6.5 ± 1.9 para C1 y C2, respectivamente. En el caso de rendimiento, ambos clústeres son iguales estadísticamente: 8.1 ± 14 para el C1 y 14.8 ± 8.1 t $\cdot \text{ha}^{-1}$ para el C2, (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables relacionadas con la producción de limón Persa (media $\pm$ de)

Clúster	Superficie plantada	Árboles ha $^{-1}$	Edad plantación	Rendimiento t $\cdot \text{ha}^{-1}$
C1	2.0 ± 1.6^a	278 ± 110^a	2.4 ± 1.6^a	8.1 ± 14.0^a
C2	8.7 ± 4.5^b	340 ± 26^b	6.5 ± 1.9^b	14.8 ± 8.1^a

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba prueba t de Student

Portainjertos

En su mayoría los productores entrevistados utilizan como portainjerto al naranjo Agrio (89.3% para el C1 y 85.7% para el C2), únicamente un productor de cada grupo señaló utilizar el limón Volkameriana como portainjerto. El material vegetativo proviene de viveros privados en la región (92.6% C1 y 85.7% en el C2), aunque igual se realiza compra de plantas en viveros públicos provenientes del gobierno (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tipo de porta injerto utilizado y origen del material (%)

Clúster	Portainjerto		Origen de la planta (Viveros)	
	Limón Volkameriana	Naranjo Agrio	Privados	Públicos
C1	3.6	89.3	92.6	7.4
C2	14.3	85.7	85.7	14.3

Fuente: elaboración propia

Nutrición y fertilización

La fertilización de los cítricos con macronutrientes tradicionalmente se realiza al suelo, pero a veces, cuando las plantas manifiestan una deficiencia específica es necesario tomar decisiones en los programas de fertilización en búsqueda de respuestas rápidas (Alayón *et al.*, 2014), la utilización de la nutrición foliar dentro de los programas de fertilización promueve una mayor productividad debido a la mayor eficiencia de uso de fertilizante (Hossain, 2009). Se identificó que se realizan tres tipos de fertilizaciones: a) química (al suelo con fertilizantes granulados y al follaje) y b) orgánica. La fertilización granular al suelo es realizada por el 67.9% del C1 y 71.4% del C2, en tanto la fertilización foliar la realiza el 57.1% de ambos grupos. La fertilización orgánica ha ganado terreno en los últimos años, en este sentido, el 28.6% de ambos grupos de productores señalaron realizar este tipo de práctica para nutrir al árbol. La fuente de fertilizante mayormente usada es la urea: 35% del C1 y 42.9% del C2; en segundo lugar, utilizan el fertilizante triple 17 (32.1% del C1 y 28.6% en el C2), cerca de la tercera parte de productores no contestaron cual tipo de fertilizante utilizaban (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tipo de fertilizante que utiliza (%)

Clúster	Urea	Triple 17	No contesto
C1	35.7	32.1	32.2
C2	42.9	28.6	28.5

Fuente: elaboración propia.

Manejo de arvenses

La práctica más común es el chapeo de las calles (manual, con desbrozadora o chapeadora mecánica), el 52.2% del C1 y 40% del C2 realiza esta práctica. En tanto el control químico es la forma más común de controlar las arvenses para el grupo de productores del C2 (66.7%), en el C1 lo realiza el 47.6%.

Plagas y enfermedades

La principal plaga presente es la mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*): 83.3 % para el C1 y la *Diaphorina citri* Kuwayama para el C2 (71.45%). En tercer lugar, tienen presencia de ácaros y en cuarto lugar, la escama de nieve (*Unaspis citri*): 25% del C1 y 42.9% en el C2 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tipo de plagas presentes en la producción de Limón Persa (%)

Clúster	Mosca blanca	Diaforina	Escama de nieve	Ácaros
C1	83.3	53.6	25	55.6
C2	66.7	71.4	42.9	42.9

Fuente: elaboración propia.

El método de control de las plagas es mecánico para el 100% del C1, el C2 no utiliza este tipo de control. El control químico es realizado por el 57.1% de productores de ambos grupos. En tanto, el control biológico lo realiza el 21.4% del C1 y el 14.3% del C2. La enfermedad del limón que se presenta en mayor medida es la muerte de árboles (39% en el C1 y 42.9% en el C2) aparentemente de origen multifactorial, en segundo lugar, señalaron (32.1% del C1 y 57.1% de productores del C2) que las huertas tienen presencia de Gomosis (*Phytophthora*

spp). En tercer lugar, señalaron la presencia de la antracnosis (*Colletotrichum* spp), y en menor medida el Huanglongbing (HLB) y VTC (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tipo de enfermedades presentes en la producción de Limón Persa (%)

Clúster	HLB	VTC	Antracnosis	Gomosis	Muerte de arboles
C1	0	3.6	17.9	32.1	39.3
C2	14.3	0	14.3	57.1	42.9

Fuente: elaboración propia.

El 57.1% de productores de ambos grupos utilizan el método de control químico, el 100% del C1 utiliza también métodos mecánicos y el 42.9% del C2 utiliza métodos combinados (mecánicos y químicos). Un 17.9% de productores del C1 y 33.3% del C2 señaló que utiliza el control biológico.

Podas

Los objetivos principales de esta práctica son mejorar la estructura del árbol, aprovechar la luz al máximo (interna y externa de la copa), incrementar el rendimiento y calidad de la fruta, así como promover floración en periodos deseados. La obtención de una forma, tamaño y volumen del árbol favorece la producción de cosechas abundantes, equilibradas en su reparto en el árbol y regulares con los años, al mismo tiempo que facilita su protección y recolección, reduciendo costos y mejorando su rentabilidad (Alia *et al.*, 2011). El 92.3 % de los productores del C1 y el 83.3% del C2 realiza esta práctica. La práctica de desinfección de herramientas la realiza el 80% del C2 y el 60% del C1, en tanto el 22.7% del C1 y 14.3% de productores del C2 realiza quema de residuos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Uso de tecnologías en la poda de árboles (%)

Clúster	Realiza podas	Desinfecta herramientas	Quema los residuos
C1	92.3	60	22.7
C2	83.3	80	14.3

Fuente: elaboración propia

de capacitación y manejo de plagas, mancha de la fruta, entre otras. En segundo lugar, los productores señalaron problemas como el cambio climático; sequías prolongadas, los terrenos bajos que sufren inundación. En tercer lugar, problemas relacionados con el desbalance nutricional de los árboles, no tener un manejo integral. Problemas varios que mencionaron fueron: problemas de comercialización (un productor del C1 y uno del C2), falta de asistencia técnica (un productor del C1) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Principales problemas técnicos (%)

Clúster	Plagas y enfermedades	Cambio climático	Nutrición	Varios
C1	17.9	14.3	14	14
C2	42.9	28.6	0	0

Fuente: elaboración propia.

Caracterización económica y de mercado de la Limón Persa

Se identificaron cuatro tipos de compradores de Limón Persa: acopio local, acopio a nivel municipal, empacadora y venta de la huerta. Es importante señalar que el C1 vende principalmente (93.3%) a nivel local, en tanto que los productores del C2 venden principalmente a la empacadora (Cuadro 14).

Cuadro 14. Sitios de venta de Limón Persa (%)

Clúster	Acopio local	Municipal	Empacadora	Huerta
C1	93.3	3.6	17.9	10.7
C2	6.7	14.3	85.7	0

Fuente: elaboración propia.14.3

El 100 % de los productores del C1 y el 71.4% del C2 venden por rejas, solo un productor del C2 vende por tonelada. El productor que vende por toneladas, vendió a \$9,000.00 tonelada. En tanto los que venden por rejas, el precio promedio fue de \$419.00+-271.7 y va de 100 (precio por reja mínimo) a 750 (precio máximo). Solo 14.3% de productores del C2 señaló contar con contrato de compra venta. Respecto al destino de la producción, el 17.9% del C1 y 28.6% del C2 vende a nivel local; 14.3% del C1 vende a nivel municipal; 28.6% y

42.9% del C1 y C2 venden a otros estados. Es relevante señalar que el 10.7% y el 85.7% del C1 y C2 de los productores señalaron exportar su producto.

Entorno económico e institucional

Los productores no han contado con crédito o financiamiento externo para su actividad productiva. Sin embargo, en el caso de los proveedores de insumos, el 14.3% de productores del C1 y el 57.1% del C2 señalaron que recibieron apoyo de asistencia técnica. EL 14.3% de productores del C2 mencionaron que reciben crédito de sus proveedores para la compra de insumos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Apoyo de proveedores de insumos (%)

Clúster	Asistencia técnica	Compras a crédito	Ningún apoyo
C1	14.3	0	72
C2	57.1	14.3	60

Fuente: elaboración propia.

Problemática de mercado y comercialización

En general, los principales problemas señalados fueron: los precios bajos y falta de mercado, así como alta cantidad de intermediarios y falta de empacadoras a nivel local. El principal problema que mencionaron los productores entrevistados fue la variación de precios del limón Persa (44.4% del C1 y, 50% del C2), en segundo lugar, señalaron tener problemas con empaque o embalaje para el limón Persa (11.1% del C1 y 50% del C2), problemas con el comprador (16.7% del C3) y caída del fruto (11.1% de productores del C1) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Principales problemas de mercado (%)

Clúster	Variación de precio	Problemas con comprador	No tiene
C1	10.7	3.6	39.3
C2	0	28.6	28.6

Fuente: elaboración propia.

Temas de capacitación demandados por los productores

Los principales temas de capacitación que demandan los productores de limón Persa están enfocados en el manejo de la huerta (capacitación sobre el uso y aplicación de podas, manejo orgánico, mantenimiento de la huerta, desarrollo del cultivo, floración, entre otros). En segundo lugar, temas relacionados con la fertilización y nutrición de la huerta y en tercer lugar plagas y enfermedades (Cuadro 17).

Cuadro 17. Temas de capacitación relevantes (%)

Clúster	Fertilización y nutrición	Plagas y enfermedades	Comercialización de la fruta	Manejo de la huerta
C1	17.9	25	0	42.9
C2	28.6	0	14.3	57.1

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La producción de limón Persa es una actividad importante para los productores del municipio de Huimanguillo Tabasco, representa una fuente de divisas para la población. Si bien, este municipio es productor de cítricos, el limón Persa está ganando espacios entre los productores con plantaciones relativamente jóvenes entre dos y seis años con rendimientos aceptables. Sin embargo, la producción de limón Persa presenta problemáticas que ponen en riesgo la producción sobretodo en la prevención y control de enfermedades. Se pudieron identificar dos grupos que básicamente se diferenciaron por el nivel de uso de tecnologías, superficie plantada y volumen de producción, esta situación marca objetivos diferentes de producción, mientras el Grupo C1 depende más de la comercialización a través de acopiadores, el Grupo C2 tiene un perfil de venta directa a empacadores y a la exportación. Ante esta situación será necesario definir estrategias diferenciadas en función a las prioridades y capacidades por cada tipo de productor.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada gracias al proyecto “Estrategia de acompañamiento técnico a productores beneficiarios del incentivo estímulo a la producción del componente capitalización productiva agrícola” No. SIGI 15121234504 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Literatura citada

Aceves, L. A. N., López, J. F. J., López, D. J. P., López, R. L., Hernández, M. B. R., Ramírez, M. J. A. R. et al. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del limón persa (*Citrus latifoliata* Tan.) en el estado de tabasco. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca. Tabasco, México 34 p.

Alayón L., P., Rodríguez, V. A., Piccoli, A. B., Chabbal, M. D., Giménez, L. I., y Martínez, G. C. 2014. Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 46(1), 87-96.

Alia, TI., Lugo, AA., Ariza,FR., Valdez, ALA., López, MV y Pacheco HP. 2011. Manual de tecnología de producción en limón ‘Persa’ y naranja ‘Valencia’ en el estado de Morelos. Folleto Técnico No. 57. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental “Zacatepec”. Zacatepec, Mor., México.

Caamal C. I., Fernández, V. G. P., Ascencio, F. J., Rodríguez, L. E. S. and García, J. G. R. 2014. Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2(1), 10-18.

Cuevas R. V., Loaiza, A., Gutiérrez, O., Buendía, G. and Rosales-Nieto, C. 2024. Typology of production units and livestock technologies for adaptation to drought in Sinaloa, Mexico. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 41(1), e244106. DOI: [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v41.n1](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v41.n1)

Curti D. S. A.; P. U. Hernández-Lara; J. Rangel-Quintos; C. G. Rodríguez-Quibarrera; S. Domínguez-Monge; M. Rodríguez-Cuevas y D. Sumano-López. 2024. Programa de investigación, validación y transferencia de tecnología de las cadenas agroalimentarias naranja y limón Persa del Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Publicación Especial Núm. 11, junio 2024. ISBN: 978-607-37-1628-4. Veracruz, México. 113 p. Versión digital

Feder, G., Just, R. and Zilberman, D. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298

Hernández, G.O. 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista cubana de Medicina General Integral*, 37(3): e1442

Hossain, M. B.; Ryu, K. S. 2009. Effect of foliar applied phosphatic fertilizer on absorption pathways, yield and quality of sweet persimmon *Scientia Horticulturae*. 122: 626-632.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Huimanguillo, Tabasco. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/03/03001.pdf.

Consultado el 14 de mayo de 2024.

Lambert, G. F., Lasserre, A. A. A., Castellanos, G. M., Sánchez, M. L. G. R., Medina, J. G. C., y Flores, J. L. M. 2015. 21 contexto y caracterización de la cadena de suministro del limón persa (*citrus latifolia tanaka*) en Veracruz, México. *Conciencia Tecnológica*, (50), 21-31.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Datos abiertos. Estadística de Producción Agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> (Consultado el 06 de febrero de 2024).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Acciones y Programas Cierre de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. (Consultado el 24 de abril de 2024)

SIAVI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet). 2023.. SIAVI 5.0. <http://www.economia-snci.gob.mx/>. (Consultado el 06 de febrero de 2024)

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL: MÉTODO NOVEDOSO PARA ESTIMAR SU PROBABILIDAD EN AGRICULTURA DE TEMPORAL

Lorenzo Armando Aceves Navarro^{1*}, José Francisco Juárez López¹, Agrícola Arrieta Rivera², Rocío Guadalupe Acosta Pech¹

Resumen

Se propone una manera fácil y sencilla de calcular probabilidades de precipitación total mensual, utilizando el modelo de la variable reducida aplicado la función de distribución de probabilidad (*FDP*) Gamma Incompleta. El modelo es: $P_T = P_N + (K_T * s)$; donde P_T es el valor de la precipitación total mensual para un determinado periodo de retorno y/o probabilidad de excedencia (mm); P_N es la precipitación total promedio mensual (mm); K_T es un factor de frecuencia específico para la *FDP* Gamma Incompleta, que depende del valor del periodo de retorno y/o la probabilidad escogida (adim.); y 's' es la desviación estándar del conjunto de datos de precipitación mensual (mm). En el presente estudio se presenta un procedimiento para obtener el valor del factor de frecuencia (K_T) para cualquier probabilidad de excedencia de la Función de Distribución de Probabilidad (*FDP*) Gamma Incompleta. El procedimiento calcula K_T a partir de los valores de los parámetros de forma (α) y escala (β) de la *FDP* Gamma Incompleta. Mediante análisis de regresión se compararon las precipitaciones resultantes de aplicar el modelo reducido, con los obtenidos con la *FDP* Gamma Incompleta. Se utilizaron datos de 53 años precipitación total mensual de la estación meteorológica 27039 Samaria, Cunduacán, Tabasco; para ajustar y calibrar los valores del factor de frecuencia K_T . Asimismo, se seleccionaron los valores de precipitación total mensual de cinco estaciones meteorológicas de varias regiones de México, con registros que variaron de 31 a 59 años. Se utilizaron datos de las estaciones meteorológicas de Motul de Felipe Carrillo Puerto, Yucatán; Texcoco, estado de México; Suchiate, Chiapas; Zapopan,

¹Área de Ciencia Ambiental, Colegio de Postgraduados – Campus Tabasco. ²Cuerpo Académico Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Tecnológico Nacional de México. *Autor de correspondencia: lanceves@colpos.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

variable reducida propuesto por Chow (1951), que solo requiere de datos de la media y desviación estándar de la precipitación mensual y de un factor de frecuencia desconocido (K_T) específico para una función de distribución de probabilidad (FDP) en particular. En el presente trabajo, se detalla un procedimiento para estimar los valores del factor de frecuencia K_T para la FDP Gamma Incompleta, que no se reportan en la literatura científica; y que, al aplicarlo al modelo de la variable reducida, facilita el cálculo de probabilidades de la precipitación mensual de manera sencilla y confiable.

La FDP Gamma Incompleta y sus parámetros.

La Función de Densidad (FD) de la Gamma Incompleta se muestra en la ecuación (1) y su representación gráfica también se reporta en Wilks, (2006).

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde, α es el parámetro de forma; β es el parámetro de escala; y $\Gamma(\alpha)$ es la Función Gamma.

La función acumulada o función de distribución de la Gamma Incompleta (FDP) para una probabilidad de no excedencia es:

$$F(X \leq x) = \frac{\frac{1}{\beta} * \left(\frac{1}{\beta} * x\right)^{\alpha-1} * e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde, “e” es el símbolo de exponencial.

Para una probabilidad de excedencia la ecuación será:

$$F(X \geq x) = 1 - F(X \leq x) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Las ecuaciones 1, 2 y 3, son válidas para variables continuas, con valores iguales o mayores a cero, como son los valores de la precipitación.

Cuando el valor de alfa (α) de la FD Gamma Incompleta toma valores iguales o menores a 1.0 se aproxima a la FD Exponencial. En cambio, cuando el parámetro de forma (α) se incrementa por encima de 50, la distribución tiende a desplazarse hacia la derecha y se aproxima a la FD Normal (Arroyo *et al.*, 2014; Wilks, 2006).

En el presente estudio, se utilizará la FDP Gamma Incompleta para calcular las probabilidades de excedencia de las precipitaciones mensuales, por su capacidad de representación de varias funciones de distribución probabilísticas asimétricas.

La ecuación de la variable reducida.

El valor de cualquier precipitación en particular (X_i), se puede representar como la suma del valor de la media (μ), más la desviación respecto a la media (Δ_{XT}) (Chow, 1951).

$$X_i = \mu + \Delta_{XT} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

$$\Delta_{XT} = \sigma * K_T \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde, ' σ ' es la desviación estándar (mm) y K_T es un factor de frecuencia correspondiente a un periodo de retorno y/o probabilidad de excedencia que tiene esa precipitación.

Resultando:

$$X_i = \mu + (K_T * \sigma) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Para muestras se puede aproximar cómo:

$$X_T = P_N + (K_T * s) \quad (\text{Ecuación 7})$$

La ecuación (7), es el modelo de la variable reducida que se utiliza para calcular la precipitación a un nivel de probabilidad de excedencia deseado; dónde, X_T es la precipitación total mensual a un cierto periodo de retorno y/o probabilidad de excedencia (mm); P_N es el valor promedio de la precipitación de un conjunto de datos; K_T es el factor de frecuencia y ' s ' es su correspondiente desviación estándar.

En esta ecuación (7), la única incógnita es el valor de K_T , cuyo valor depende del periodo de retorno y/o probabilidad de excedencia del valor de ' X_T ' y de la *FDP* escogida (Chow 1951).

Modelo de la variable reducida para la *FDP* Gamma Incompleta.

La *FDP* Gamma Incompleta es una distribución asimétrica donde el valor de K_T es diferente para cada mes y para cada probabilidad de excedencia deseada. De allí la necesidad de estimar los valores del factor K_T de la ecuación (7) para esta *FDP*, a diferentes probabilidades de excedencia, que no se reportan en la literatura científica. Así, el objetivo del presente estudio fue desarrollar un procedimiento para obtener los valores de K_T para la *FDP* Gamma Incompleta y poder calcular aquella precipitación con una probabilidad de excedencia deseada.

Materiales y Métodos

Área de estudio.

Se seleccionaron del programa ERIC III v.2. (IMTA, 2009), los valores de precipitación total mensual de seis estaciones meteorológicas de varias regiones de México, con registros que variaron de 31 a 59 años. Las estaciones seleccionadas fueron: Samaria, Cunduacán, Tabasco; Motul de Felipe Carrillo Puerto, Yucatán; Texcoco, estado de México; Suchiate, Chiapas; Zapopan, Jalisco; y Acaponeta, Nayarit.

En el Cuadro 1, se muestra la identificación, nombre y coordenadas geográficas de las seis estaciones meteorológicas selectas y el correspondiente número de años de registro y precipitación total anual.

Cuadro 1. Identificación, nombre, coordenadas geográficas, años de registro y precipitación total anual, de las ocho estaciones meteorológicas selectas de México.

Número de la estación	Nombre	Municipio	Estado	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)	Altitud (msnm)	Años de registro	Precipitación total anual (mm)
27039	Samaria	Cunduacán	Tabasco	17.996	-93.275	19	53	1889.4
31020	Motul de Felipe Carrillo Puerto	Motul	Yucatán	21.079	-89.284	7	45	1080.8
15125	Texcoco	Texcoco	México	19.517	-98.883	2216	31	563.0
7163	Suchiate	Suchiate	Chiapas	14.714	-92.149	18	35	1573.6
14169	Zapopan	Zapopan	Jalisco	20.717	-103.367	1575	48	967.4
18001	Acaponeta	Acaponeta	Nayarit	22.500	-105.367	31	59	1318.9

Las estaciones seleccionadas que se muestran en el Cuadro 1, son estaciones meteorológicas enclavadas en áreas con agricultura de temporal de ambos litorales y del centro de la República Mexicana; con altitudes desde 7 a 2,216 msnm; latitudes desde 14.7714° a

22.500°; y Longitudes desde -89.284° a -105.367° y con precipitaciones totales anuales entre 563.0 a 1889.4 mm (IMTA, 2009).

Probabilidades de excedencia.

Para el cálculo de las probabilidades de excedencia con la *FDP* Gamma Incompleta, se utilizaron registros mensuales completos de al menos 30 años. Al conjunto de valores de precipitación de un mes en particular, se le determinó las probabilidades de excedencia del 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90%.

Cálculo de probabilidades para *FDP* Gamma Incompleta.

La *FDP* Gamma Incompleta o Gamma de dos parámetros (alfa y beta), se utiliza porque la precipitación total mensual fundamentalmente tiene una distribución asimétrica con sesgo positivo y la *FDP* Gamma Incompleta es perfecta para representar esos datos (Wilks, 2006). Para la determinación de los parámetros alfa y beta (α y β) se utilizó el Método de Máxima Verosimilitud, que se muestra en las ecuaciones (8, 9 y 10) reportadas por Arroyo *et al.* (2014), por ser el método más recomendado (Wilks 2006).

$$D = \ln(X_m) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde; D es la diferencia entre el logaritmo natural de la media aritmética (X_m) y la media de los logaritmos naturales de las observaciones de la precipitación; (X_i). El valor de ' α ' se calcula con la ecuación (9).

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4D}{3}}}{4D} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde ' α ' es el parámetro de forma y ' β ' es el parámetro de escala, que se calcula con la ecuación (10).

$$\beta = \frac{X_m}{\alpha} \quad (\text{Ecuación 10})$$

A partir de la ecuación (7), se despeja el factor K_T y se obtiene la ecuación (11) siguiente:

$$K_T = \frac{(X_T - P_N)}{s} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Estimación del factor de frecuencia K_T para la FDP Gamma Incompleta.

Para obtener el valor del factor K_T en función de los parámetros de la FDP Gamma Incompleta para cualquier probabilidad de excedencia, primero se calculan los parámetros de forma alfa (α) y de escala beta (β), con las ecuaciones 12, 13 y 14, respectivamente. Para ello, es conveniente recordar que la esperanza matemática o media $[E(x)]$ de la FDP Gamma Incompleta de acuerdo con Arroyo *et al.*, (2014) y Wilks, (2006) se representa por la siguiente ecuación (12):

$$E(X) = P_N = \alpha * \beta \quad (\text{Ecuación 12})$$

Dónde, P_N es la precipitación promedio o Normal climatológica.

La varianza de la FDP Gamma Incompleta $[Var(x)]$, la reportan Arroyo *et al.*, (2014), como se muestra en la ecuación (13):

$$S^2 = \alpha * \beta^2 \quad (\text{Ecuación 13})$$

Así, la desviación estándar 's' será:

$$s = \sqrt{\alpha * \beta^2} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Sustituyendo en la ecuación (11) los equivalentes de P_N de la ecuación (12) y 's' de la ecuación (14), se obtiene la ecuación (15) siguiente:

$$K_T = \frac{[X_T - (\alpha * \beta)]}{\sqrt{\alpha * \beta^2}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

De esta manera, el factor de frecuencia K_T queda en función de la precipitación con la probabilidad deseada (X_T) y los parámetros alfa (α) y beta (β) de la FDP Gamma Incompleta.

Cálculo de la precipitación a una determinada probabilidad de excedencia (X_T).

Para estimar el valor de K_T de la ecuación (15), se calculó el valor de X_T para una determinada probabilidad de excedencia, utilizando el siguiente comando de Excel Microsoft® para cada uno de los meses del año **DISTR.GAMMA.INV(probabilidad, alfa, beta)** (Sánchez, 1999). Como Excel Microsoft® calcula automáticamente la probabilidad de no-excedencia, para obtener la probabilidad de excedencia se utiliza la ecuación (3). Así, si se desea una probabilidad de excedencia del 0.80, se tiene que introducir en el comando de Excel Microsoft® el valor de 0.20; no el de 0.80.

El valor de X_T resultante se introduce en la ecuación (15) para obtener el valor de K_T para una probabilidad de excedencia deseada y para cada uno de los meses del año. A diferencia de

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Índices estadísticos para evaluar el desempeño o bondad de ajuste de los modelos.

Para determinar el desempeño de los modelos de regresión resultantes, se compararon los valores de precipitación calculados con el modelo de la variable reducida con los calculados con la FDP Gamma Incompleta. Para determinar que tan precisos son esos modelos o que tanto error se comete al predecir un valor con dichos modelos, se utilizó el Coeficiente de Determinación (R^2) y el estadístico Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE por sus siglas en inglés).

Resultados

Valores del factor K_T para las FDP Gamma Incompleta.

Los valores correspondientes del factor K_T para la FDP Gamma Incompleta, para intervalos de 0.05 (5%) de probabilidad de excedencia, se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores del factor K_T para diferentes valores de probabilidad de excedencia, para la FDP Gamma Incompleta y los valores resultantes del coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), al comparar la precipitación mensual obtenida con la ecuación reducida y la FDP gamma Incompleta para la estación meteorológica 27039 Samaria, Cunduacán, Tabasco, México.

Probabilidad de excedencia	Valor del Factor ' K_T '	R^2	RMSE(*) (mm)	Probabilidad de excedencia	Valor del Factor ' K_T '	R^2	RMSE(*) (mm)
0.05	1.9025	0.9994	4.0	0.55	-0.3023	0.9979	3.7
0.10	1.3400	0.9999	1.3	0.60	-0.4125	0.9986	2.9
0.15	0.9948	0.9993	3.4	0.65	-0.5202	0.9993	1.9
0.20	0.7386	0.9985	4.5	0.70	-0.6270	0.9999	0.9
0.25	0.5316	0.9979	5.1	0.75	-0.7328	0.9998	0.8
0.30	0.3556	0.9974	5.4	0.80	-0.8458	0.9982	2.4
0.35	0.2008	0.9971	5.4	0.85	-0.9639	0.9933	4.2
0.40	0.0611	0.9970	5.2	0.90	-1.0960	0.9932	4.0
0.45	-0.0675	0.9971	4.8	0.95	-1.2604	0.9858	5.4
0.50	-0.1879	0.9974	4.3				

(*) Raíz del error cuadrático medio con valores del error en milímetros por mes.

Se puede apreciar en el Cuadro 2, que al comparar los valores de la precipitación obtenidos con la ecuación reducida (ecuación 7) y los obtenidos con la *FDP* Gamma Incompleta, tuvieron un muy buen ajuste con coeficientes de determinación superiores a 0.985 y un valor de la RMSE inferior a 5.5 mm por mes. Valor que equivale a 0.18 mm/día y que para fines de riego, este valor es inferior e insignificante respecto a la eficiencia de los actuales métodos de riego.

Otras probabilidades.

Cuando la probabilidad deseada sea diferente a las mostradas en el Cuadro 2, se puede obtener el valor del factor K_T utilizando la ecuación de regresión siguiente con un R^2 de 0.9995.

$$K_T = 2.02 - 7.8907 * P_e + 9.3427 * P_e^2 - 4.9294 * P_e^3 \quad (\text{Ecuación 16})$$

Dónde, P_e es la probabilidad de excedencia deseada.

Resultados de la calibración y ajuste a la *FDP* Gamma Incompleta.

En la Figura 1, se muestra la distribución temporal de los valores de la precipitación mensual obtenidos con el modelo reducido propuesto y con la *FDP* Gamma Incompleta. Se puede apreciar tanto en el Cuadro 3 como en la Figura 2, que los valores obtenidos con el modelo reducido son muy similares a los valores de precipitación obtenidos con la *FDP* Gamma Incompleta. En la Figura 2, se muestra el resultado de la regresión lineal entre los valores de la precipitación con una probabilidad de excedencia de 0.80 obtenidos con el modelo reducido y con la *FDP* Gamma Incompleta. En esta Figura 2, también se puede apreciar un ajuste casi perfecto.

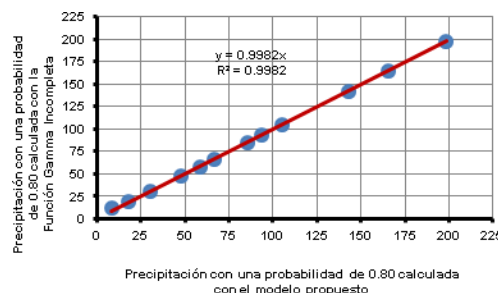


Figura 2. Relación entre la precipitación calculada con el modelo de la variable reducida y la calculada con la FDP Gamma Incompleta, para una probabilidad de excedencia de 0.80, para la estación meteorológica 27039 de Samaria, Cunduacán, Tabasco, México.

Para validar el modelo de la variable reducida con los valores de K_T generados para sus correspondientes probabilidades de excedencia, y constatar la generalización en la aplicación del método propuesto, se seleccionaron otras cinco localidades de México, con clima diferente. Las localidades seleccionadas fueron: Motul de Felipe Carrillo Puerto, Yucatán; Texcoco, estado de México; Suchiate, Chiapas; Zapopan, Jalisco; y Acaponeta, Nayarit. Con 45, 31, 35, 48 y 59 años de registro respectivamente (Cuadro 1). Los resultados se muestran en los Cuadros del 3 y 4 siguientes:

Cuadro 3. Valores del coeficiente de determinación (R^2) del análisis de regresión lineal simple entre los valores de precipitación calculados con el modelo reducido y los calculados con la *FPD* Gamma Incompleta, para diferentes probabilidades de excedencia.

Estación meteorológica	Probabilidad de excedencia								
	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
Motul de Felipe Carrillo Puerto	0.990	0.997	0.999	0.997	0.991	0.996	0.985	0.989	0.999
Texcoco	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998	0.999	0.999
Suchiate	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.999	0.997	0.998	0.999
Zapopan	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.997	0.996	0.997
Acaponeta	0.997	0.999	0.999	0.999	0.998	0.996	0.995	0.995	0.996

Se puede observar en el Cuadro 3, que de los 45 valores de R^2 ; 42 fueron ≥ 0.99 (93%). El 11% restante, el R^2 fue superior a 0.985. También se observó que en las ecuaciones de regresión la pendiente de la línea (coeficiente “b”) siempre estuvo cercana a la unidad (0.95 a 1.07). En todas las 5 localidades donde se validó el modelo reducido, el menor valor de la pendiente ocurrió siempre a probabilidades de excedencia de 0.90. Mientras que el mayor valor ocurrió a probabilidades entre 0.50 y 0.40.

En el Cuadro 4, se puede observar que el valor de la raíz del error cuadrático (RMSE) varió entre 0.5 a 13.4 mm por mes. También se puede notar que, de los 45 valores de la RMSE, el 83% (40) tomó valores iguales o menores a 10.0 mm por mes; mientras que el 11% (5) restante, tomó valores entre 10.1 a 13.4 mm por mes; todo ello para probabilidades menores a 0.50, que son probabilidades muy poco utilizadas con fines agrícolas. Lo mismo ocurre a probabilidades superiores a 0.80. En el rango de probabilidades de 0.60 a 0.80 que son las probabilidades de mayor uso en agricultura, los valores de la RMSE fluctuó entre 1.1 a 3.4 mm por mes.

Cuadro 4. Valores de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) en milímetros, al comparar los valores de precipitación calculados con el modelo reducido y los obtenidos con la FPD Gamma Incompleta, para diferentes probabilidades de excedencia.

Estación meteorológica	Probabilidad de excedencia								
	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
Motul de Felipe Carrillo Puerto	4.2	2.3	1.1	3.3	6.0	8.0	9.1	8.5	4.1
Texcoco	1.5	0.6	0.5	1.1	1.8	2.2	2.4	2.1	0.9
Suchiate	4.7	1.1	1.6	3.4	5.6	13.4	8.1	7.5	3.7
Zapopan	3.8	0.9	1.3	2.8	4.1	5.5	6.7	7.5	6.8
Acaponeta	7.2	1.8	2.1	4.4	7.3	10.0	12.1	12.9	12.3

Se pudo observar al realizar los análisis de regresión, que, en los meses más secos de las localidades utilizadas en la validación, la RMSE incrementa su valor y el modelo reducido puede dar resultados negativos en esos meses. Esto ocurre cuando la precipitación total mensual es muy poca; en particular en los meses secos y cuando se aplica a probabilidades de excedencia iguales o superiores a 0.70. En estos casos, el valor resultante se corrige igualando a cero; pues no hay precipitaciones negativas y la FDP Gamma Incompleta solo es válida para valores iguales o mayores a cero (Wilks, 2006). Además, para fines agrícolas, el análisis de la precipitación en los meses secos fuera del periodo de lluvias, no es relevante.

Conclusiones

Los valores del factor de frecuencia K_T reportados en el presente estudio, se recomiendan para obtener la precipitación total mensual a cierta probabilidad de excedencia, ya que tuvieron un muy buen ajuste en relación a los valores obtenidos con la función de distribución de probabilidad Gamma Incompleta. Estos valores de K_T son muy confiables y de simple aplicación para calcular la probabilidad de lluvia mensual.

A collage of four images arranged in a 2x2 grid. The top-left and bottom-right images show a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The top-right and bottom-left images show a herd of cattle grazing in a lush green field with trees in the background.

IMTA, (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2009. ERIC III: Extractor Rápido de Información Climatológica v.2. CD, p. 28

Jadhav, M. G., Aher, H. V., Jadhav, A. S., & Gote, G. N. 2015. Crop Planning Based on Moisture Adequacy Index (MAI) of Different Talukas of Aurangabad District of Maharashtra. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 30(1), 101-103.

Laux, P., Wagner, S., Wagner, A., Jacobeit, J., Bárdossy, A., & Kunstmann, H. 2009. Modelling daily precipitation features in the Volta Basin of West Africa. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(7), 937-954.

Machado-Fernández, J. R. 2016. Modelación de la Distribución Gamma en MATLAB para Aplicaciones de Radar. *Ciencias Holguín*, 22(4), 1-17.

Naresh Kumar, M., Murthy, C. S., Sesha Sai, M. V. R., & Roy, P. S. 2009. On the use of Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity assessment. *Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques and modelling*, 16(3), 381-389.

Nkegbe, P. K., & Shankar, B. 2014. Adoption intensity of soil and water conservation practices by smallholders: evidence from Northern Ghana. *Bio-based and Applied Economics Journal*, 3(1050-2016-85757), 159-174.

Ojeda, L. R. 2007. Probabilidad y estadística básica para ingenieros. *Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral*.

Sahu, T., Chaudhary, J. L., & Sahu, K. K. 2022. Analysis of Rainfall Probabilities and Crop Planning for Different Districts of Chhattisgarh. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(10), 858-862.

Sánchez, J. 1999. Funciones de Excel guía de referencia. *Obtenido de <http://www.Jorgesanchez.net>.*

Singh, P. K., Rathore, L. S., Singh, K. K., Baxla, A. K., & Athiyaman, B. 2009. Incomplete Gamma distribution of rainfall for sustainable crop production strategies at Palampur, Himachal Pradesh. *Mausam*, 60(1), 73-80.

Sharma, M. A., & Singh, J. B. 2010. Use of probability distribution in rainfall analysis. *New York Science Journal*, 3(9), 40-49.

Vergni, L., Todisco, F., Di Lena, B., & Mannocchi, F. 2020. Bivariate analysis of drought duration and severity for irrigation planning. *Agricultural Water Management*, 229, 105926.

Wilks, D. S. 2006. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Second Edition. International Geophysics Series, Vol. 91. Academic press. 649 p.

COMPOSICIÓN QUÍMICA PRELIMINAR DE EXTRACTOS VEGETALES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PROCEDENTES DEL AGROSISTEMA CACAO

Aidé Velázquez Silva^{1*}, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza¹, Laura Leticia Barrera Necha², Carlos Fredy Ortiz García¹, García de la Cruz Rubén¹ y Cesar Jesús Vázquez Navarrete¹

Resumen

Los residuos del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) (90%) y achiote (*Bixa orellana*) (97%), al incrementar su volumen, causan problemas ambientales. Sin embargo, ambos tienen actividad antimicrobiana y pueden ser una alternativa para el control de enfermedades mediante la obtención de extractos vegetales. Por lo cual extractos etanólicos de cáscaras de cacao (EECC15) y cáscaras de achiote (EECA52), así como un extracto acetoetanólico de semillas de achiote (EAESA52) fueron obtenidos en una proporción de 1:5 p/v de dos agrosistemas de cacao pertenecientes a los municipios de Cárdenas y Cunduacán, Tabasco. Los rendimientos fueron calculados, y la composición química preliminar se identificó por Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) acoplada a espectrometría de masas (EM). De los tres extractos vegetales de residuos agrícolas, el EECA52 tuvo el mayor rendimiento (26%) comparado con el EECC15 y EAESA52 (6.73 y 4.66%, respectivamente). Como resultados preliminares, la mayoría de los compuestos químicos identificados en los extractos según el análisis de los cromatogramas fueron ácidos grasos. En el EECC15 además de los ácidos grasos también se identificaron algunos polifenoles como la epicatequina, luteolina-7-O-alfa-L-ramnósida y la procianidina B4. En los extractos de cáscara y semilla de achiote (EECA52 y EAESA52) la mayoría de los compuestos fueron ácidos grasos saturados e

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. *Autor de correspondencia: velazquez.aide@colpos.mx

insaturados, y en menor número algunos polifenoles (hypolaetin-8-glucoside, catequina, galocatequina y en menor área otros ácidos.

Palabras clave: cáscaras, semillas, HPLC, espectrometría de masas

Introducción

Los residuos agrícolas son aquellos subproductos como cáscaras de frutos, semillas, bagazos, rastrojos, tallos, cascarillas, hojas, ramas, etc., derivados de la etapa de cosecha, postcosecha y procesos agroindustriales de diferentes cultivos en los cuales solo se aprovecha una parte y el resto del cultivo es desechado; actualmente los volúmenes de estos subproductos van en aumento por lo que se generan problemas ambientales.

En el cultivo de cacao y especies asociadas de importancia económica (p.e. achiote y pimienta gorda), los residuos agrícolas que no son aprovechados constituyen un foco de infección para plantas o cultivos aledaños (Franco-Castillo et al., 2010; Chávez y Rodríguez, 2016; Castillo et al., 2018), pero también pueden ser una fuente de metabolitos secundarios; un posible aprovechamiento de estos últimos es la obtención de extractos vegetales con actividad biológica contra plagas, enfermedades y malezas.

Un extracto vegetal se considera como una mezcla de compuestos químicos que cumplen una función de defensa en la planta. El proceso para obtener los compuestos es variable y depende del método de extracción, tipo de solvente que se utilice y la polaridad de este (Abou-Jawdah et al., 2002). Los solventes más utilizados son agua, metanol, agua-alcohol, etanol, acetona, acetato de etilo, diclorometano, cloroformo, acetonitrilo, hexano, éter de petróleo etc. Los solventes de baja polaridad proporcionan una buena calidad de extracción, pero presentan algunas desventajas como los costos de extracción por insumos, equipos, la toxicidad al medio ambiente y seres vivos al momento de aplicar el extracto. Para determinar la composición química presente en los extractos, es necesario realizar análisis específicos utilizando técnicas que permitan la separación e identificación de dichos compuestos; una técnica de separación de compuestos químicos es la cromatografía de líquidos de alta eficacia acoplada a espectrometría de masas mejor conocida como HPLC, es una técnica en la que un

líquido (fase móvil) circula sobre un sólido o líquido inmiscible (fase estacionaria); esta técnica no está limitada por la volatilidad o la estabilidad térmica de la muestra. Puede separar macromoléculas, especies iónicas, productos naturales lábiles, materiales poliméricos y una variedad de grupos funcionales de alto peso molecular. Algunas aplicaciones del HPLC se encuentran en ciencias como la Bioquímica, Química forense, Medicina clínica, así como en la elaboración de fármacos, productos alimenticios, de la industria química y contaminantes (Sgariglia et al., 2010). La espectrometría de masas es una técnica analítica que estudia compuestos orgánicos e inorgánicos; obtiene información cualitativa y cuantitativa del analito como: masa molecular, estructura, concentración, presencia y/o ausencia de dicho compuesto (SCAI, 2016; LTI, 2019).

En México como en otros países, el cacao es uno de los cultivos que genera residuos agrícolas durante su aprovechamiento, de un fruto solo se aprovecha el 10 % de su masa fresca; durante el beneficiado del cacao se desechan las cáscaras, las aguas de lavado y los jugos de la fermentación (Villamizar et al., 2017). En el cultivo del achiote, al cosechar la cápsula se realiza una poda al árbol que genera material vegetal como ramas y hojas, posteriormente en la extracción de la semilla del achiote, el 97% de los subproductos no son reutilizados (da Costa-Santos et al., 2015). Los residuos agrícolas del cacao al no ser procesados generan pérdidas en la unidad de manejo y pueden causar problemas fitosanitarios en los cultivos. En el cultivo de cacao se pierde anualmente entre el 30 y 40 % de la producción potencial global, como consecuencia del ataque por plagas y enfermedades. En los cacaotales del Golfo de México el rango de pérdida puede llegar al 75 % de la producción anual; como las causadas por la moniliasis (*M. roreri*) y la mancha negra (*P. capsici*) (Ortiz-García et al., 2015; Ortiz, 2017). Por otro lado, las malezas son plantas indeseables y constantes, que causan pérdidas de alrededor del 13 %; algunos de los problemas que provocan en los cultivos son competencia por luz y nutrientes; son hospederas de plagas y enfermedades; liberan tóxicos para evitar el crecimiento de otras plantas; y causan dificultades al momento de la cosecha (INTAGRI, 2017). Por lo anterior es de suma importancia identificar la composición química de los extractos vegetales obtenidos de residuos agrícolas como cáscara de cacao, cáscara y semilla de achiote derivados de agrosistemas de cacao.



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

$$R = \left[\frac{p(\text{extracto seco})}{p(\text{material vegetal})} \right] * 100\% \quad \text{Ecuación 1}$$

Los extractos vegetales EECC15, EECA52 y EAESA52 fueron procesados en el Área de extracción del Laboratorio de Tecnología Postcosecha de Productos Agrícolas del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos IPN, ubicado en Yautepec, Morelos.

Análisis e identificación fitoquímica de fenoles de los extractos de residuos agrícolas por HPLC-EM

La preparación de las muestras se realizó de la siguiente manera: se tomó 1 mg de cada extracto y se colocó dentro de un tubo Eppendorf (González-Saucedo et al., 2019). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Espectrometría de masas del Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías del Instituto Politécnico Nacional. La inyección de las muestras se realizó de la siguiente manera: se tomó 100 μ L de la muestra y se disolvió en 900 μ L de agua, de esta solución, se tomaron 10 μ L y se disolvieron en 990 μ L de agua y se aplicaron por inyección directa. Para la identificación de los compuestos se utilizó un equipo Ultimate 3000 (Dionex Corp, CA) equipado con un arreglo de diodos y un analizador microTOF Q-II en modo de sistema de ionización por electropulverización (ESI) (Bruker Daltonics, Billerica, MA). Antes del análisis se realizó una calibración externa con una bomba Cole Palmer 74900-00-05 (Billerica, MA), conectada a la interfase con una solución

de formiato de sodio. El análisis se corrió con ácido fórmico al 0.01 % (A) y acetonitrilo (B), programados de 0 a 10 min, 10-60 %; 10 a 15 min, 60-90 %; se aplicó un flujo de 0.3 mL/min a 35 °C. Los cromatogramas se obtuvieron a 280 nm; se utilizó nitrógeno como gas de secado 4 L/min a 180 °C, en modo negativo 0.4 bar (-ESI) desde 50 m/z a 3000 m/z, a 2700 V.

Los datos se analizaron con el software Data Analysis 4.0 (Bruker Daltonics) para obtener los compuestos detectados y sus concentraciones (González-Quijano et al., 2019). Para obtener el nombre y fórmula mínima de cada compuesto, se utilizó el Manual básico de espectrometría de masas para el usuario (Sección: Análisis del peso molecular de los picos) perteneciente al Laboratorio de espectrometría de Masas (LEM)-CNMN-IPN, ubicado en Ciudad de México.

Resultados y Discusión

Al finalizar el proceso de concentración de los extractos de residuos agrícolas el extracto con mayor rendimiento fue el EECA52 (26%), mientras que los EECC15 y EAESA52 presentaron rendimientos bajos (6.73 y 4.66%). En cuanto a la identificación química se presenta información parcial de los análisis de cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas; en la Figura 1 se muestran los cromatogramas que se obtuvieron de las muestras de extractos vegetales de residuos agrícolas de cáscara de cacao y cáscara y semilla de achiote.

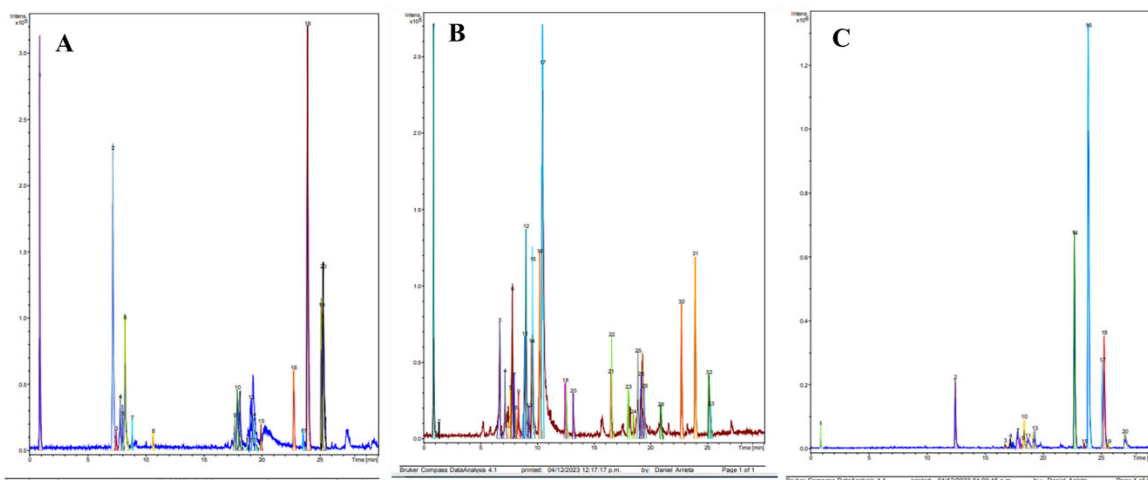


Fig 1.: HPLC-EM de extractos vegetales etanólicos de residuos agrícolas. Cromatogramas de los extractos: A) cáscara de cacao (EECC15); B) cáscara de achiote (EECA52) y C) semilla de achiote (EAESA52).

Los grupos químicos identificados en el EECC15 fueron ácidos grasos y en menor número polifenoles y azúcares. Los principales ácidos grasos que destacan por su área en cada pico son el ácido linoleico, ácido oleico, un compuesto derivado del ácido pelargónico y el ácido alfa linolénico. Los polifenoles con mayor área fueron la epicatequina, luteolina-7-O-alfa-L-ramnósida y la procianidina B4. Aunque solo dos carbohidratos se identificaron en el extracto conforman la mayor área superando al ácido linoleico (Cuadro 1). La mayoría de los compuestos identificados se han reportado en estudios sobre la composición química del grano y cascarilla de cacao, enfocados principalmente en alimentos, su calidad nutritiva y propiedades nutraceuticas (Mendoza, 2022; Robles-Valdivia y Sánchez-Otero 2022; Mori, 2021; Rebollo-Hernanz et al., 2021; Lujano et al., 2019; Negro y Willener, 2019; Lares et al., 2013). Sin embargo, en un estudio realizado a mazorcas de cacao clonal la composición química proximal fue de alto contenido de fibra, bajo contenido graso y alta proporción de polifenoles (ácido tánico), también destacan un alto contenido de carbohidratos (Castillo et al., 2018). En otro estudio se reporta que un extracto de acetona-agua obtenido de cáscaras de cacao presento actividad antifúngica contra *Fusarium oxysporum* (Rachmawaty et al., 2019). Otros autores reportan efecto antimicrobiano contra bacterias gram positivas

utilizando extractos de mucilago, cascarilla y semilla de cacao (Sucuzhañay y Álvarez, 2016; Carrera, 2018)

Cuadro 1. Composición química del extracto etanólico de cáscara de cacao (EECC15) obtenida por HPLC-EM.

Compuesto químico	TR	Área	CAS
maltosa	0.9	1567050	133-99-3
vanilloil glucosa	7.2	1684416	C20470
procianidina B4	7.5	79850	29106-51-2
(-)-epicatequina	7.8	294517	17334-50-8
ácido caprilico; ácido cítrico; glicerol	8.0	202611	
luteolin-7-O-alpha-L-rhamnoside	8.9	116877	CHEMBL168927 2
CHEMBL4858684 (derivado del ácido láurico)	18.1	438524	CHEMBL485868 4
CHEMBL2313856 (*derivado del ácido pelargónico)	19.1	484898	CHEMBL231385 6
fenol ácido láurico	19.9	100006	
ácido alfa linolénico	22.7	448857	463-40-1
ácido palmitoleico	23.6	82106	373-49-9
ácido linoleico	23.9	2656073	60-33-3
miristato de etilo	25.1	949675	124-06-1
ácido oleico	25.3	1288382	112-80-1

TR, Tiempo de retención; CAS, Chemical Abstract Service.

Tanto en el extracto de EECA52 como en el EAESA52 la mayoría de los compuestos identificados fueron ácidos grasos saturados e insaturados, y en menor número polifenoles y glucosas. En el extracto de EECA52, los principales compuestos con mayor área fueron el ácido linoleico, hypolaetin-8-glucoside, catequina, ácido alfa linolénico, galocatequina y en menor área otros ácidos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química del extracto etanólico de cáscara de achiote (EECA52) obtenida por HPLC-EM.

Compuesto químico	TR	Área	CAS
galocatequina	6.7	521262	970-73-0
catequina	7.8	667091	7295-85-4
hypolaetin-8-glucoside	9	772235	27686-36-8
ácido pinelico	13.2	183936	97134-11-7
ácido euscapico/arjunólico	16.6	407840	53155-25-2/465-00-9
ácido vernolico	19.2	329917	503-07-1
ácido laurico	20.9	179325	143-07-7
ácido alfa linolenico	22.7	643411	463-40-1
ácido linoleico	23.9	854731	60-33-3
ácido palmitico	25.1	353266	57-10-3
ácido oleico	25.3	151515	112-80-1

TR, Tiempo de retención; CAS, Chemical Abstract Service.

También en el EAESA52, los ácidos grasos insaturados con mayor área fueron el ácido linoleico y ácido alfa linolénico, seguido de otros ácidos, en quinto lugar, se ubicó la naringenina y en la octava posición se identificó la trehalosa (Cuadro 3). Varios autores han reportado los compuestos identificados en este estudio, sin embargo, la mayoría de las investigaciones sobre *Bixa orellana* se han dirigido a las semillas y mucilago de achiote sin ser tratadas como residuos agrícolas de procesos agroindustriales, donde los compuestos de mayor importancia fueron la bixina y norbixina, por las propiedades biológicas que se encuentran en el producto final del achiote (Faimann et al., 2023; Valencia et al., 2023; Da Silva et al., 2023; Kumar et al., 2022; Zarza-García et al., 2021; Quintero et al., 2019; Zarza-García et al., 2017). Sin embargo, en algunos análisis realizados en hojas, raíces y cáscaras de achiote se encontraron algunos compuestos identificados en este estudio principalmente la presencia de ácidos grasos en las semillas de achiote (Valencia et al., 2023; Kumar et al., 2022; Habboubi, 2020). Algunos estudios reportan propiedades biológicas de diversas partes de la planta del achiote como: bactericida (Cáceres et al., 1995; Shilpi et al., 2006), antioxidante (Júnior et al., 2005; Shilpi et al., 2006), antifúngica (Braga et al., 2007), entre otras.

Literatura Citada

Abou-Jawdah, Y., H. Sobh, A. Salameh. 2002. Antimycotic activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(11): 3208–3213.

Braga FG., L. Bouzada M., L. Fabri R., de O Matos M., O. Moreira F., E. Scio, S. et al. 2007. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. Journal of Ethnopharmacology 111(2): 396-402.

Cáceres A., H. Menéndez, Méndez E., Cohobón E., Samayoa BE., Jauregui E. et al. 1995. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. Journal of Ethnopharmacology 48(2): 85-88.

Carrera, Q. P. A. 2018. Efecto inhibitorio de la pulpa que recubre las semillas del cacao (*Theobroma cacao*) a diferentes concentraciones sobre la cepa de *Streptococcus mutans*: estudio *in vitro*. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 70 p.

Castillo E., C. Álvarez y Y. Contreras. 2018. Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechados en Caucagua estado Miranda, Venezuela. Revista de Investigación 42(95): 154-175.

Chávez, P. A. y M. A. Rodríguez G. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. Revista Academia y Virtualidad 9(2): 90-107.

Da Costa S. D., A. J. de Melo Q., R. M. Feitosa de F. and E. N. Alves de O. 2015. Sun drying of residual annatto seed powder. Acta Scientiarum Technology, 37(1): 161-166.

Da Silva D. C. S., De Carvalho-Guimarães F. B., P. Valente I., Cunha N., da C. Sanches, SC., Da Silva D. A. et al. 2023. Fatty acid profile and rheological behavior of annatto seed oil (*Bixa orellana*), cupuassu seed fat (*Theobroma grandiflorum*), and their blends. Grasas y aceites, 74(1):1-11.

Faimann S. P., C. Rocha K. R., S. Andrade A., A. Lopes N., Cavalcante P. F., Meireles A. et al. 2023. Pharmacological potential and mechanisms of action involved in oil species from the Brazilian Amazon: the case of *Abelmoschus esculentus* L. Moench, *Euterpe oleracea* Martius and *Bixa orellana* Linné. Pharmacognosy Reviews 17(33): 24-42.

Franco-Castillo M., M. Ramírez-Hernández, R. S. García-Gómez, M. Bernal-González, B. Espinosa-Aquino, J. A. Solís-Fuentes, C. Duran-de-Bazua. 2010. Reaprovechamiento integral de residuos agroindustriales: cáscara y pulpa de cacao para la producción de pectinas. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias 1(2): 45-66.

Garduño-Pizaña C., L. L. Barrera-Necha, S. Bautista-Baños, Y. Ríos-Gómez, L. García-Barrera. 2014. Chemical composition and antifungal activity of leaf powders and extracts of *Byrsonimia crassifolia* (L.) Kunth, *Ocimum basilicum* L., *Persea americana* Miller., *Psidium guajava* L. and *Spondias purpurea* L. from Morelos, México. African Journal of Microbiology Research 8(49): 3875-3881.

González-Saucedo A, L. L. Barrera-Necha, R. I. Ventura-Aguilar, Z. N. Correa-Pacheco, S. Bautista-Baños, M. Hernández-López. 2019. Extension of the postharvest quality of bell pepper by applying nanostructured coatings of chitosan with *Byrsonimia crassifolia* extract (L.) Kunth. Postharvet Biology and Technology 149:74-82.

González-Quijano G, D. Arrieta-Báez, L. Dorantes-Álvarez, G. Aparicio-Ozores, I. Guerrero-Legarreta. 2019. Effect of extraction method in the content of phytoestrogens and

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Lujano E., L. Manganiello, A. Contenido, A. Ríos. 2019. Identificación y cuantificación de (+)- Catequinas y Procianidinas en cacao procedente de Ocumare de la Costa, Venezuela. Revista Ingeniería UC 26(2): 192-201.

Mendoza, Z. J. 2022. Efecto del procesamiento y fermentación de la vaina de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre sus características nutritivas, nutraceuticas y funcionales. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. 114 p.

Mori, C. P. L. 2021. Perfil de ácidos grasos de treinta ecotipos promisorios de cacao fino de aroma. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. 54 p.

Negro, E. y M. R. Williner. 2019. Calidad nutricional y origen de los ácidos grasos en chocolates y baños de repostería producidos en Argentina. Cumplimiento de la legislación. Nutrición clínica y dietética hospitalaria 39(3): 129-137.

Ortiz, G. C. F. 2017. Situación de las enfermedades del cacao y manejo en México, en presencia de moniliasis. p. 3-4. In Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología. Revista Mexicana de Fitopatología 35: 3-4.

Ortiz, G. C. F., M. Torres, dC., M. S. Hernández -del-C. 2015. Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo del cacao, en presencia de *Moniliophthora roreri*, en México. Revista Fitotecnia Mexicana, 38(2): 191-196.

Quintero, Q. J., A. Celis T., L. Muñoz R., M. Silva G., G. Ciro G., J. Rojas C. 2019. Optimization of the microwave-assisted extraction process of bioactive compounds from annatto seeds (*Bixa orellana* L.). Antioxidants 8(2):37.

Rachmawaty, A. M., S. Fatmah H., A. Alimuddin and Hasri . 2019. The effectiveness of The Formulation of Cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao* L.) Based Botanical Fungicides on *Fusarium* Wilt Disease on Tomato Plants. Journal of Physics: Conf. Series 1244 (2019): 012036

Rebollo-Hernanz M., S. Cañas, D. Taladrid, A. Segovia, B. Bartolomé, Y. Aguilera et al. 2021. Extraction of phenolic compounds from cocoa shell: modeling using response surface methodology and artificial neural networks. Separation and Purification Technology, 270: 118779.

Robles, V. M. T. y M. G. Sánchez O. 2022. Familia Malvaceae: especies fundamentales en la industria agroalimentaria con potencial comercial, nutrimental y nutracéutico. Terra Latinoamericana, 40: 1-7.

SCAI, 2016. Servicios centrales de apoyo a la investigación, Universidad de Málaga. Espectrometría de masas. <http://www.scai.uma.es/areas/aqcm/ems/ems.html> [consultado el 28 de diciembre de 2023].

Sgariglia, M. A., R. Soberón J., A. Sampietro D., A. Vattuone M. 2010. Cromatografía: conceptos y aplicaciones. Universidad Nacional de Tucuman. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Revista Arakuku 2(1): 1-6.

Shilpi J. A., M. Taufiq-Ur-Rahman, J. Uddin S., S. Alam M., K. Sadhu S., Seidel V. 2006. Preliminary pharmacological screening of *Bixa orellana* L. leaves. Journal of Ethnopharmacology 108(2): 264- 271.

Sucuzhañay M. M. A. y P. L. Álvarez V. 2016. Efecto antimicrobiano de extractos acuosos de cáscara y semillas de cacao (*Theobroma cacao*) sobre cepa de *Streptococcus mutans*: estudio *in vitro*. Revista Odontología, 19(2): 35-41.

Valencia D., D. I. Aguilar G., J. Ortega G., G. Godoy H., M. A. Leyva P., V. M. Moo H. et al. 2023. Phytochemical profile, antioxidant and antiproliferative activity from leaves and seeds of *Bixa orellana* L. from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Pharmacognosy Magazine* 19:482-490.

Villamizar, J. Y. L., J. S. Rodríguez G., y L. León. 2017. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN – 51. *Cuaderno Activa*, 9(9)67 – 75.

Zarza-García AL., V. M. Moo H., V. M. Toledo L., G. Godoy H., F. Rivera, C., R. Clarenc A. et al. 2021. Chemical, nutritional, and biological composition of three seed morphotypes of *Bixa orellana* L. Bixaceae (achiote) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Pakistan Journal of Botany* 53(6): 1-7.

Zarza-García AL., Sauri-Duch E., Raddatz-Mota D., Cuevas-Glory LF., Pinzón-López LL., Rivera-Cabrera F. et al. 2017. Pharmacological, phytochemical and morphological study of three Mayan accessions of *Bixa orellana* L. leaves. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 29(3): 163-169.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN TACOTALPA, TABASCO

José Padilla-Vega¹, Domingo Sánchez Hernández², Yeremi Jiménez Sánchez³

Resumen

La apicultura en la región de Tacotalpa, Tabasco, está estrechamente vinculada a la conservación de la biodiversidad, debido a la necesidad de grandes áreas de floración para el desarrollo adecuado de las colmenas. En esta región tropical, la apicultura tiene un gran potencial comercial gracias a la diversidad florística que proporciona recursos de néctar y polen a lo largo del año, lo cual es crucial para la salud de las colmenas y la producción de miel. Estudios recientes han destacado que la flora de Tabasco incluye numerosas especies melíferas, lo que contribuye significativamente a la producción de miel de alta calidad, un recurso vital para la economía de muchas familias rurales en la región. En el municipio de Tacotalpa, la producción de miel alcanzó los 13,374 litros el último año, con un promedio de 16 litros por colmena. Los apicultores de la región han identificado 83 especies melíferas, distribuidas en 33 familias botánicas, siendo Fabaceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae y Rubiaceae las más representativas. Estas especies florales, que florecen principalmente entre marzo y junio, aseguran un suministro constante de néctar, lo que es fundamental para la producción apícola. La apicultura en Tacotalpa se lleva a cabo en áreas de difícil acceso, como lomeríos con inclinaciones superiores al 60%, lo que maximiza el uso de tierras marginales y contribuye a la conservación de la biodiversidad local. Los apicultores locales manejan diferentes razas de abejas, predominantemente la abeja africana, debido a su adaptación al clima cálido y su comportamiento defensivo. También se introducen otras razas como la carniola y la europea oscura a través de programas de apoyo, lo que refleja

la adaptabilidad de los apicultores a las condiciones ambientales y económicas locales. En conclusión, la apicultura en Tacotalpa no solo es esencial para la economía local, sino

también para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los ecosistemas locales.

Palabras clave: *conservación, abejas, trópico, geográfica*

Introducción

La apicultura se considera una práctica ligada a la conservación de la biodiversidad, debido a que para desarrollarla es necesario contar con grandes masas forestales o sistemas de producción que ofrezcan una floración importante. Difícilmente puede ser desarrollada en pastizales o monocultivos que no llegan a floración. En regiones tropicales puede ser de gran interés comercial debido a la gran masa forestal. El sureste de México se caracteriza por una alta diversidad de florística, lo que les permite a las abejas encontrar su fuente de néctar y polen durante casi todo el año. Esta condición diversa es esencial para la salud de los colmenares y para mantener la producción de miel. Los estudios de González *et al* (2023) así como los de (Martínez y Herrera) 2022 señalan que la flora de Tabasco incluye una gran variedad de especies melíferas que son aprovechadas por las abejas, contribuyendo significativamente a la producción de miel de alta calidad. La miel producida en la entidad Tabasqueña no es sólo es un producto, es parte de la base complementaria de la economía de muchas familias rurales en la región (SADER, 2022). Al mismo tiempo, un componente crítico de los ecosistemas locales, ya que la polinización de las abejas es clave para la subsistencia de muchos de estos ecosistemas y sistemas agrícolas. La relación insecto planta garantiza la producción de frutos y semillas que a su vez garantiza la propagación anual de las especies silvestres y la producción de frutos manteniendo una estructura funcional de los ecosistemas (Rodríguez *et al.*, 2023). Dentro del panorama nacional, el Estado de Tabasco contribuye con el 0.7% de la producción total de miel del país, destacándose por sus prácticas apícolas y la calidad de su miel (González *et al.*, 2022; Martínez & Herrera, 2023). En términos de volumen de producción, Tabasco alcanzó los 407 mil litros de miel en el último año. Este logro es particularmente notable en el municipio de Huimanguillo, que se posiciona como el principal productor del estado, seguido de cerca por el municipio de Tacotalpa, con



producciones de 84.4 mil y 81.3 mil litros respectivamente (López *et al.*, 2022; Rodríguez *et al.*, 2023). Estos municipios se han convertido en pilares fundamentales para la apicultura en Tabasco, en el caso de Tacotalpa existe una orografía accidentada y con ello una limitante para el manejo de colmenas. A pesar de la importancia de la apicultura en el municipio de Tacotalpa, no se tiene un inventario actualizado de la ubicación geográfica precisa de las colmenas y las zonas productoras de miel que es fundamental para optimizar la eficiencia de la apicultura y asegurar la sostenibilidad del ecosistema local. Además, es necesario conocer la distribución de la vegetación utilizada en el pecoreo ya que eso permite a los apicultores maximizar la producción y calidad de la miel, al tiempo que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, Martínez y Herrera, 2023 subrayan la importancia de esta práctica en la gestión apícola, mostrando cómo la georreferenciación de colmenas mejora la producción y Rodríguez *et al.*, 2023 demuestran como la resiliencia de los ecosistemas se ve beneficiada por la practica de la apicultura y el manejo de la floración. Por lo anterior expuesto el siguiente trabajo tuvo como objetivo localizar geográficamente las zonas de apicultura, así como la flora identificada para el pecoreo, en la región Sierra de Tacotalpa, Tabasco.

Materiales y Métodos

Se trabajó directamente en la Sierra de Tacotalpa, Tabasco, empleando una metodología mixta que combina técnicas cuantitativas y cualitativas. Este enfoque permite obtener una visión integral de las prácticas apícolas, las condiciones ambientales y los desafíos enfrentados por los apicultores en esta región. Se realizó un censo a los 69 productores previamente identificados, aplicando una entrevista semiestructurada con 20 reactivos en donde se abordó la infraestructura disponible para los productores, número y tipo de colmenas (Smith *et al.*, 2021). Además, se realizó un taller participativo identificando las especies vegetales reconocidas por los apicultores como importantes en la producción de miel. Durante estos talleres, los apicultores señalaron las plantas que consideran más relevantes para la producción de miel, y estas observaciones fueron verificadas científicamente mediante la recolección de muestras de plantas y su identificación

taxonómica utilizando guías y manuales de especies locales (Magaña-Alejandro, 2006, Maldonado-Morales, 2016) Todos los apiarios fueron georreferenciados utilizando dispositivos GPS, posteriormente, se realizó un análisis geoespacial utilizando software de sistemas de información geográfica (Qgis 3.16) para mapear las áreas de pecoreo y evaluar su accesibilidad y distribución en relación con otros apiarios. Los datos cuantitativos obtenidos fueron analizados utilizando técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales.

Resultados y Discusión

La edad promedio de los apicultores es de 50.5 años con una edad mínima de 22 años y una máxima de 80 años. Esto sugiere una amplia distribución etaria entre los productores de miel, indicando que tanto jóvenes como adultos mayores participan en la producción apícola del municipio de Tacotalpa, aunque el 49% de los apicultores superan los 50 años de edad.

El nivel educativo máximo de los apicultores es de preparatoria alcanzado únicamente por el 7.6%, los estudios de secundaria y primaria corresponden al 26 % y 43% respectivamente, el resto no tiene estudios formales. Este patrón sugiere que la producción de miel es accesible a individuos con diversos niveles educativos. Con respecto al género encontramos que únicamente 10 personas corresponden al sexo femenino y el resto al sexo masculino.

Los apicultores han identificado un total de 83 especies melíferas, distribuidas en 33 familias botánicas diferentes. Las familias con mayor número de especies son Fabaceae (12 especies), Euphorbiaceae (7 especies), Apocynaceae (6 especies), y Rubiaceae (6 especies). Estas familias se destacan por su amplia distribución y la variedad de especies que contienen, lo cual es consistente con estudios previos sobre flora melífera (Smith *et al.*, 2018; Jones & Green, 2020).

Los periodos de floración el análisis muestra una amplia variabilidad, con una marcada predominancia en los meses de marzo a junio. Este periodo coincide con la estación seca y el inicio de la temporada de lluvias en muchas regiones tropicales, lo que favorece la

floración de muchas especies melíferas. Específicamente, el mes de marzo es el más frecuente para el inicio de la floración, seguido de abril, mayo y junio. Esta estacionalidad es crucial para los apicultores, ya que determina los periodos óptimos para la producción de miel (Brown & Wilson, 2019).

Los resultados obtenidos en este estudio son comparables con investigaciones realizadas en otras regiones tropicales. Por ejemplo, en un estudio sobre flora melífera en la región de Yucatán, México, se encontró que Fabaceae y Rubiaceae también eran las familias predominantes, con un periodo de floración similar, concentrado entre marzo y junio (Martínez et al., 2017). Además, la presencia de especies como *Mimosa biuncifera* y *Haematoxylum campechianum* en ambos estudios resalta la consistencia de estas especies como recursos melíferos valiosos.

Las abejas dependen de una variedad de flores para obtener néctar y polen, y la disponibilidad de diferentes especies en distintos periodos de floración asegura un suministro constante de recursos (Klein *et al.*, 2007). Además, la diversidad florística contribuye a la producción de miel con diferentes características organolépticas y propiedades nutricionales, Aunque los productores se quejan del precio el cuál es pagado a 5.50 dólares por litro por mayoreo y hasta 15 dólares en venta por menudeo.

Las comunidades con mayor número de productores son Francisco I. Madero 2da Sección, (32 productores) y La Raya Zaragoza (18 productores). Esto sugiere que estas áreas son importantes centros de producción de miel, lo cual podría deberse a factores como la disponibilidad de flora melífera, conocimientos tradicionales y prácticas apícolas establecidas y a que la orografía del terreno es más accesible.

La producción por colmena puede variar significativamente debido a factores como el clima, la flora disponible, y las prácticas de manejo apícola. Un estudio de Jones y Green (2020) señala que la producción promedio global por colmena oscila entre 10 y 20 litros por colmena anualmente, con variaciones significativas en regiones tropicales y subtropicales. Brown y Wilson (2019) reportaron promedios de producción de hasta 25 litros por colmena en algunas áreas con prácticas apícolas avanzadas y abundante flora melífera.

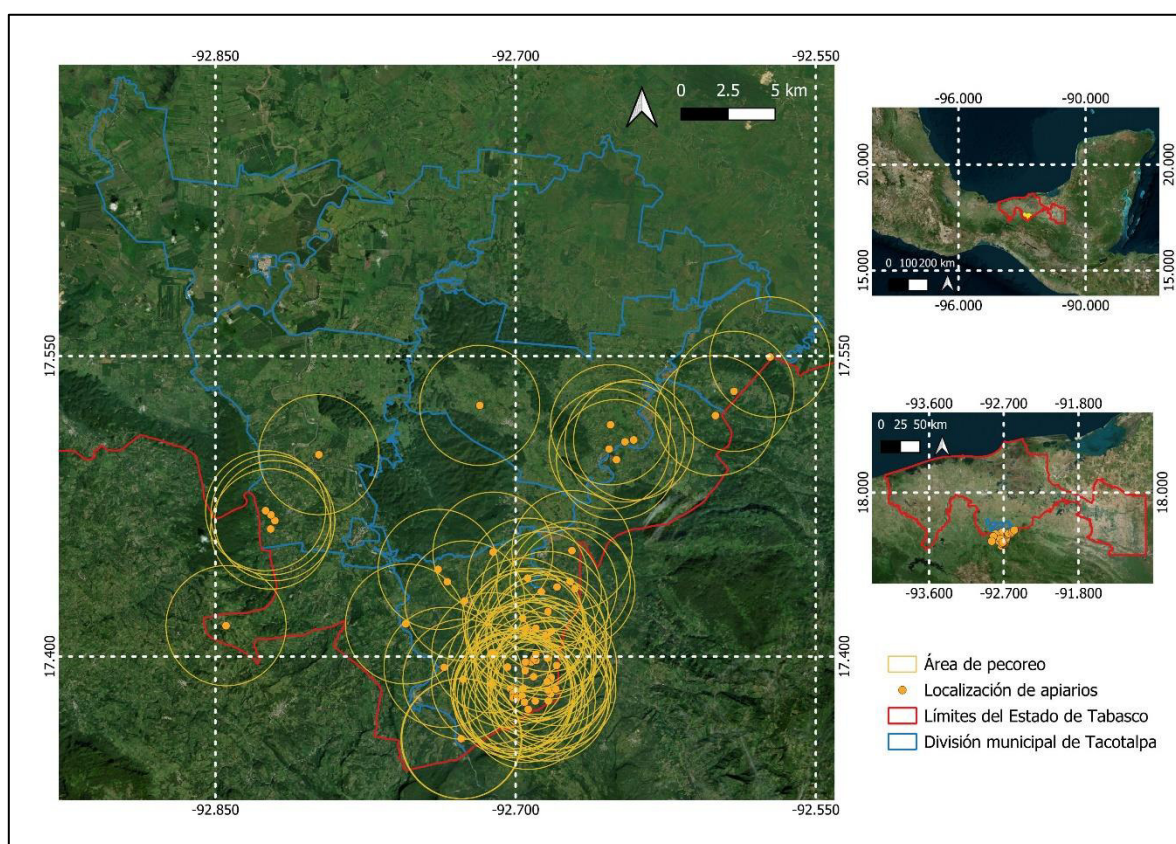


comportamiento defensivo y alta capacidad reproductiva, lo que las hace prolíficas en regiones cálidas y favorece su presencia en áreas urbanas y rurales. Es común que los apicultores locales sean llamados para retirar o reubicar enjambres de abejas silvestres que se han asentado en áreas urbanas. Estos apicultores suelen mantener a las abejas tal cual, sin realizar un cambio de reina, manejándolas según las prácticas locales establecidas. La segunda raza de abeja más común en Tacotalpa es la carniola (*Apis mellifera carnica*). Esta raza fue introducida a través de programas de apoyo gubernamental, donde se distribuyeron reinas carniolas a los apicultores locales. La tercera raza en prevalencia es la europea oscura (*Apis mellifera mellifera*). Esta raza ha sido introducida principalmente mediante la compra de reinas por parte de los apicultores.

En Tacotalpa, las prácticas de manejo de razas de abejas varían entre los productores, un total de 36 productores manejan dos razas de abejas, aprovechando las ventajas específicas de cada raza. Por otro lado 32 productores prefieren manejar solo una raza, simplificando el manejo y especializándose en las características de esa raza y un productor maneja tres razas, posiblemente para diversificar la producción y los beneficios de cada raza. Esta diversidad en las prácticas de manejo refleja la adaptabilidad de los apicultores locales a las condiciones ambientales y económicas, así como la influencia de programas de apoyo y la disponibilidad de razas en el mercado.

En la Fig. 1, se muestra el área de pecoreo de 2,827 hectáreas situada en las faldas de los lomeríos de Tacotalpa. Esta ubicación se debe a que los terrenos en estas elevaciones tienen inclinaciones superiores al 60%, lo que imposibilita su uso para la agricultura de cultivos como el maíz o las gramíneas. Asimismo, estas pendientes impiden la introducción de ganado vacuno. Debido a estas limitaciones, los apicultores colocan sus colmenas al pie de los cerros, aprovechando la floración local disponible en estos lomeríos. Además, la diversidad florística presente en estos lomeríos proporciona una fuente constante de néctar y polen, lo que es esencial para la salud y productividad de las colmenas (Gómez et al., 2023; Hernández & Rodríguez, 2022).

El uso de terrenos inclinados para la apicultura no solo maximiza el uso de tierras marginales, sino que también contribuye a la conservación de la biodiversidad local. Las abejas desempeñan un papel crucial en la polinización de plantas silvestres, lo que ayuda a mantener la estructura y función de los ecosistemas locales. Esta práctica también minimiza el conflicto con otros usos del suelo, como la agricultura y la ganadería, que no son viables en estas áreas (Martínez & Herrera, 2023; Pérez et al., 2022). El área total de pecoreo abarca aproximadamente.



Otros estudios han destacado la importancia de la apicultura en terrenos marginales como una estrategia sostenible para la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Por ejemplo, Gómez et al. (2023) demostraron que la colocación de colmenas en áreas no cultivables aumenta la polinización de plantas nativas, lo que a su vez mejora la resiliencia de los ecosistemas locales. Asimismo, Martínez & Herrera (2023) encontraron

que las colmenas situadas en zonas con alta diversidad florística tienen una mayor producción de miel y mejor salud de las colmenas.

Conclusiones

En el municipio de Tacotalpa, Tabasco, la apicultura es una actividad relevante con 69 apicultores cuyo promedio de edad es de 50.5 años, siendo la mayoría de ellos con una formación educativa básica. Estos productores identifican 83 especies melíferas, distribuidas en 33 familias botánicas, destacando las Fabaceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae y Rubiaceae. Con una producción total de 13,374 litros de miel provenientes de 835 cajas, el promedio es de 16 litros por caja. Este rendimiento se sustenta en un área de pecoreo de 2,827 hectáreas, capaz de soportar una alta densidad de flores melíferas. La estrategia de manejo de razas de abejas, predominantemente africanas, junto con la introducción de razas carniola y europea, refleja un esfuerzo por mejorar la producción y adaptarse a las condiciones climáticas locales.

Literatura Citada

Brown, M., & Wilson, J. (2019). Seasonal floral resource availability and its effect on honeybee colony performance in tropical regions. *Journal of Apicultural Research*, 58(3), 245-256. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1597734>

Gómez, R., López, A., & Ramírez, J. (2023). Impact of Beekeeping on Pollination and Biodiversity in Marginal Lands. *Journal of Apicultural Research*, 62(1), 15-28. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.1956789>

Hernández, P., & Rodríguez, L. (2022). Sustainable beekeeping practices: Maximizing floral resources in challenging terrains. *Agricultural Systems*, 55(3), 225-240. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.102930>

Jones, R., & Green, M. (2020). Identification and characterization of key honeybee forage plants in tropical ecosystems. *Environmental Science and Policy*, 59(4), 300-315. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.006>

Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

López, A., & Ramírez, J. (2022). Apicultural practices and honey production in the tropical regions of Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 61(1), 15-28. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2020145>

Magaña-Alejandro MA. 2006. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas de Tabasco. II edición. Colección José N. Rovirosa (Biodiversidad, Desarrollo, Sustentabilidad y Trópico Húmedo). División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. pp 12- 190.

Maldonado-Mares, F. (2016). Manual de campo para la identificación de árboles, arbustos y palmas del Jardín Botánico Universitario “José Narciso Rovirosa” y sus alrededores, en Villahermosa, Tabasco, México. Primera edición. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Martínez, J., & Herrera, R. (2023). Optimizing Beekeeping Practices Through Geographic Information Systems: Enhancing Honey Production and Ecosystem Resilience. *Journal of Environmental Management*, 116867. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116867>

Martínez, P., & Herrera, M. (2023). Effects of floral diversity on honeybee health and honey production. *Ecological Applications*, 33(2), e2499. <https://doi.org/10.1002/eap.2499>

Martínez, S., González, P., & Herrera, R. (2017). Meliferous flora and honeybee forage in the Yucatán Peninsula. *Tropical Ecology*, 58(1), 123-136. <https://doi.org/10.1007/s42965-017-0011-9>

Pérez, F., González, M., & Ortega, D. (2022). The role of bees in ecosystem services and biodiversity conservation. *Environmental Science and Policy*, 59(4), 300-315. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.03.006>

Rodríguez, A., Pérez, L., & Gómez, M. (2023). Geospatial Analysis of Beekeeping Sites: Implications for Biodiversity Conservation in Tropical Ecosystems. *Ecological Indicators*, 109479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109479>

Rodríguez, L., & Smith, J. (2023). Pollination services and their impact on tropical ecosystems. *Journal of Tropical Ecology*, 39(1), 75-89. <https://doi.org/10.1017/S0266467422000401>

SADER. (2022). Informe anual sobre la producción de miel en Tabasco. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/sader/documentos/informe-anual-produccion-miel-tabasco-2022>

Smith, J., Brown, K., & Johnson, D. (2021). Beekeeping practices and honey production in tropical regions. *Journal of Apicultural Research*, 60(3), 145-158. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1932547>

Smith, P., Green, R., & Johnson, D. (2018). Meliferous plant species in tropical ecosystems and their role in honey production. *Environmental Science and Policy*, 53(2), 112-126. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.007>

BIOTECNOLOGÍA

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Resumen

*Autor de correspondencia: pab120@hotmail.com

en el abdomen, no obstante, en tres individuos (15.78%) se detectaron fitoplasmas en la cabeza-tórax y el abdomen por igual. Dicho resultado indica la presencia de *H. crudus* infectivos en la población analizada. Se propone el uso, en condiciones controladas, de palmas de especies altamente susceptibles a fitoplasmas del grupo 16SrIV, especialmente *P. pacifica*, para la obtención de *H. crudus* infectivos, los cuales pueden ser útiles para evaluar la resistencia de germoplasma hacia las enfermedades asociadas a estos patógenos.

Palabras clave: amarillamiento letal, bronceado letal, insectos vectores, Arecaceae

Introducción

El amarillamiento letal (AL) y las enfermedades tipo amarillamiento letal (EAL), constituyen una de las principales limitantes para la producción sostenible de palmas (Arecaceae) tanto en el sector agrícola como en la industria viverista a nivel mundial (Oropeza-Salín et al., 2020). En México, estos problemas fitosanitarios están asociados a la presencia de fitoplasmas del grupo 16SrIV en los elementos cribosos del floema de las palmas afectadas, habiendo dos subgrupos predominantes: el subgrupo 16SrIV-A, agente causal del AL y responsable de la muerte de alrededor de 650,000 cocoteros (*Cocos nucifera* L.) en la península de Yucatán y el estado de Tabasco durante los años 80 y 90 del siglo pasado (Pérez-Hernández et al., 2004), y el subgrupo 16SrIV-D, que en años recientes ha sido asociado a la muerte de miles de palmas *Phoenix canariensis* Chabaud empleadas como ornamentales en zonas urbanas del centro y norte del país (Palma-Cancino et al., 2020; Ortiz-García et al., 2024).

La EAL asociada al subgrupo 16SrIV-D es usualmente referida como decaimiento de la palma *Phoenix* de Texas o TPPD, proveniente del inglés *Texas Phoenix palm decline*, aunque también se ha manejado el término bronceado letal como sinónimo. Esta enfermedad es transmitida a palmas sanas por el hemíptero *Haplaxius crudus* Van Duzee (Dzido et al., 2020), aunque no se descarta que existan otros vectores.

El fitoplasma 16SrIV-D es un patógeno que no ha podido aislarse en cultivo axénico. Esto ha dificultado el estudio de algunos aspectos de la interacción planta-patógeno-vector dentro del patosistema del TPPD. Por ejemplo, la eficiencia de adquisición del fitoplasma 16SrIV-D por parte de *H. crudus* en condiciones naturales, expresada como tasa de infección en una población del insecto, ha sido estudiada en dos ocasiones (Narváez et al., 2018; Mou et al., 2020), no obstante, el objetivo de ambas investigaciones fue el análisis de sitios en general y no la comparación entre poblaciones de *H. crudus* capturadas en diferentes especies de palmas infectadas. Tampoco se han realizado estudios encaminados a determinar el subconjunto de *H. crudus* infectivos, es decir, aquellos capaces de transmitir al patógeno al alimentarse como resultado de la presencia de este en sus glándulas salivales, dentro de una población de individuos infectados por el fitoplasma 16SrIV-D en condiciones naturales.

En el sureste de México, el TPPD está activo y a menudo ocasiona la muerte de palmas de ornato de especies como *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. y *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl., entre otras (Narváez et al., 2017; Ramos et al., 2020). Entre 2017 y 2020, en Mérida, Yucatán, se observaron dos palmas *P. pacifica* y una *Thrinax radiata* Lodd. ex Schult. & Schult. f., con síntomas indicativos de infección por el fitoplasma 16SrIV-D en estado inicial. Dado que se advirtió la presencia de un gran número de *H. crudus* en el follaje de dichas palmas, se realizaron colectas de estos insectos con un aspirador entomológico, con el objetivo de comparar, mediante PCR en tiempo real, las tasas de infección por fitoplasmas del subgrupo 16SrIV-D entre las poblaciones tomadas de cada una de estas palmas. Además, se detectó la presencia del fitoplasma 16SrIV-D en la cabeza-tórax y el abdomen de algunos de los *H. crudus* capturados, con el fin de determinar el subconjunto de *H. crudus* infectivos dentro de una subpoblación del insecto.

Materiales y Métodos

Toma de muestra de palmas y captura de insectos

Entre 2017 y 2020, se ubicaron ejemplares jóvenes de las especies *P. pacifica* (2) y *T. radiata* (1), con síntomas de necrosis en frondas inmaduras y amarillamiento incipiente del follaje,

indicativos de infección por el fitoplasma 16SrIV-D en estado inicial (Figura 1A-F), en las colonias de Francisco de Montejo (*P. pacifica*) y Chuburná de Hidalgo (*T. radiata*), en la ciudad de Mérida, Yucatán, México (20°58'12" N, 89°37'12" O). Se tomaron muestras de tejido de la hoja emergente de los tres individuos para una posterior extracción de ADN. Asimismo, individuos adultos de *H. crudus* fueron colectados en horarios matutinos directamente del follaje de las tres palmas (Figura 1G) empleando un aspirador entomológico. Posteriormente, fueron identificados con base en las características descritas por Howard y Gallo (2006) y congelados hasta su manipulación subsecuente.

Extracción de ADN

Se extrajo ADN total del tejido de hoja de las palmas utilizando el protocolo de Doyle y Doyle (1990). Para los insectos se siguió en primera instancia a Harrison y Oropeza (1997), macerando el cuerpo completo de los *H. crudus*. Adicionalmente, un subconjunto de los *H. crudus* capturados fueron diseccionados con un bisturí y sus cuerpos fueron divididos en cabeza-tórax y abdomen (Figura 2A-C). El objetivo de esta disección fue la detección diferenciada de fitoplasmas en las glándulas salivales (ubicadas en la cabeza-tórax del insecto) y los intestinos medio e inferior (ubicados en el abdomen) para distinguir entre insectos infectivos y no infectivos, con base en la dinámica de infección por fitoplasmas en vectores reportada por Koinuma et al. (2020). El ADN de ambos segmentos fue preparado para su extracción aplastando el material diseccionado en tarjetas FTA® PlantSaver (Whatman) (Figura 2D). Se extrajo el ADN de la membrana siguiendo las instrucciones del fabricante.

Detección de fitoplasmas por PCR en tiempo real

Las muestras de palmas e insectos, tanto completos como diseccionados, se analizaron mediante el ensayo TaqMan de PCR en tiempo real de Córdova et al. (2014), diseñado para la detección específica de fitoplasmas del grupo 16SrIV. Para ello se empleó un termociclador Rotor-Gene® Q (QIAGEN) y los mismos parámetros de amplificación reportados por los autores. Los valores Ct de cada muestra se asignaron con el *software* Rotor-Gene Q® - Pure Detection versión 2.0.2 (QIAGEN). En este estudio, muestras con

valores Ct mayores a 31 fueron consideradas como negativas a la presencia de fitoplasmas del grupo 16SrIV. Como controles positivos se empleó ADN de palmas e insectos previamente diagnosticados con fitoplasmas del grupo 16SrIV, y como control negativo agua libre de nucleasas.

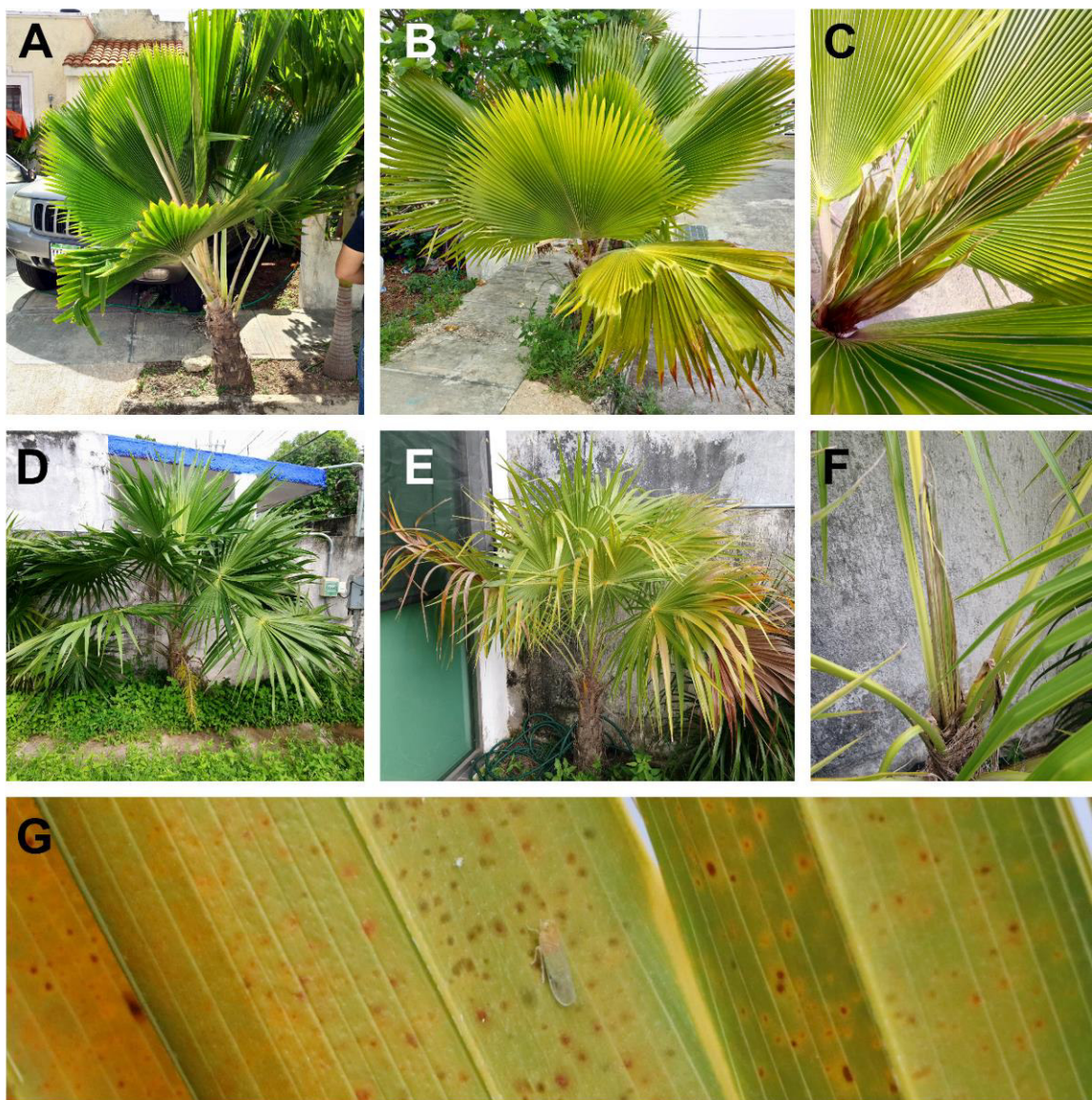


Figura 1. (A) Ejemplar sano de *Pritchardia pacifica*. (B) *P. pacifica* con amarillamiento incipiente del follaje. (C) Necrosis en la fronda emergente en la misma palma. (D) Ejemplar sano de *Thrinax radiata*. (E) *T. radiata* con amarillamiento incipiente del follaje. (F) Necrosis en frondas emergentes en la misma palma. (G) *Haplaxius crudus* en el follaje de *T. radiata*.

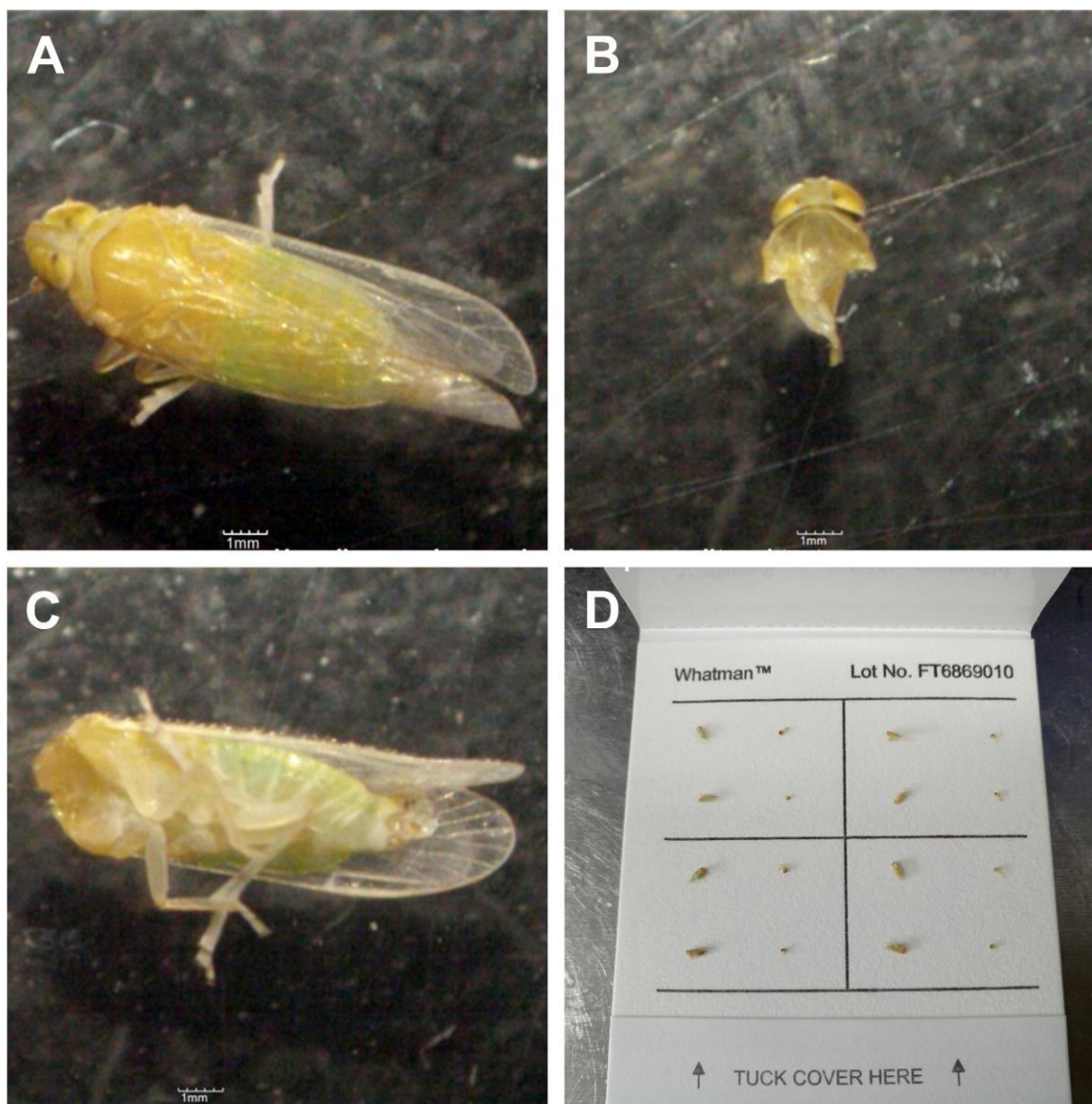


Figura 2. (A) *H. crudus* previo a la disección. (B). Cabeza-tórax de *H. crudus*. (C) Abdomen del mismo individuo. (D) *H. crudus* seccionados en tarjetas FTA® PlantSaver.

PCR anidada, secuenciación y caracterización *in silico*

El ADN de las palmas y de algunos insectos fue sometido a ensayos de PCR anidada para amplificar y secuenciar el ARNr 16S de los fitoplasmas detectados. La primera amplificación se realizó con los iniciadores P1 y P7 (Smart et al., 1996). Posteriormente, el producto de P1/P7 se diluyó 1:20 o 1:40 y se usaron 5 µL como templado para la segunda amplificación

con los iniciadores LY16Sf y LY16-23Sr (Harrison et al., 2002) para las palmas, y R16F2n y R16R2 (Gundersen y Lee, 1996) para los insectos. Además del templado de ADN (≈ 50 ng para la primera amplificación), a cada mezcla de reacción (volumen final de 25 μ L) se agregaron 200 μ M de cada dNTP, 0.8 μ M de cada iniciador y 1.5 U de ADN polimerasa *MangoTaq*TM (Meridian Bioscience). Los productos de las reacciones anidadas fueron purificados, clonados y después secuenciados bidireccionalmente. Por último, los fitoplasmas secuenciados fueron caracterizados a nivel subgrupo con la herramienta en línea *iPhyClassifier* (Zhao et al., 2009). Además, para corroborar la identidad de los fitoplasmas se realizaron análisis moleculares con el *software* MEGA versión 11. Se construyó un árbol filogenético de secuencias de ARNr 16S aplicando el método de máxima verosimilitud. La confiabilidad del análisis fue sujeta a una prueba de bootstrap de 2000 repeticiones.

Resultados y Discusión

Palmas de las especies *P. pacífica* y *T. radiata*, con síntomas indicativos de infección por el fitoplasma 16SrIV-D (Figura 1A-F), fueron ubicadas en la ciudad de Mérida, Yucatán. Con base en la secuencia de síntomas reportada por Narváez et al. (2017), el daño en frondas emergentes y el amarillamiento del follaje basal permitió diagnosticar preliminarmente a estas palmas con TPPD en estado inicial. La infección por fitoplasmas del grupo 16SrIV en las tres palmas y en *H. crudus* capturados directamente sobre el follaje de estas se confirmó mediante análisis por PCR en tiempo real. Posteriormente, se obtuvieron secuencias de los fitoplasmas detectados en *P. pacífica* (núms. de acceso de GenBank MW959171 y MW959172), *T. radiata* (MW959174) y *H. crudus* (OL742692 y OL742693). Al comparar dichas secuencias con la secuencia de referencia del subgrupo 16SrIV-D mediante *iPhyClassifier*, se obtuvo un coeficiente de similitud de 1.00, por lo que dichos fitoplasmas fueron clasificados dentro del subgrupo 16SrIV-D. Igualmente, el análisis filogenético realizado corroboró la identidad de los fitoplasmas secuenciados en este estudio (Figura 3).

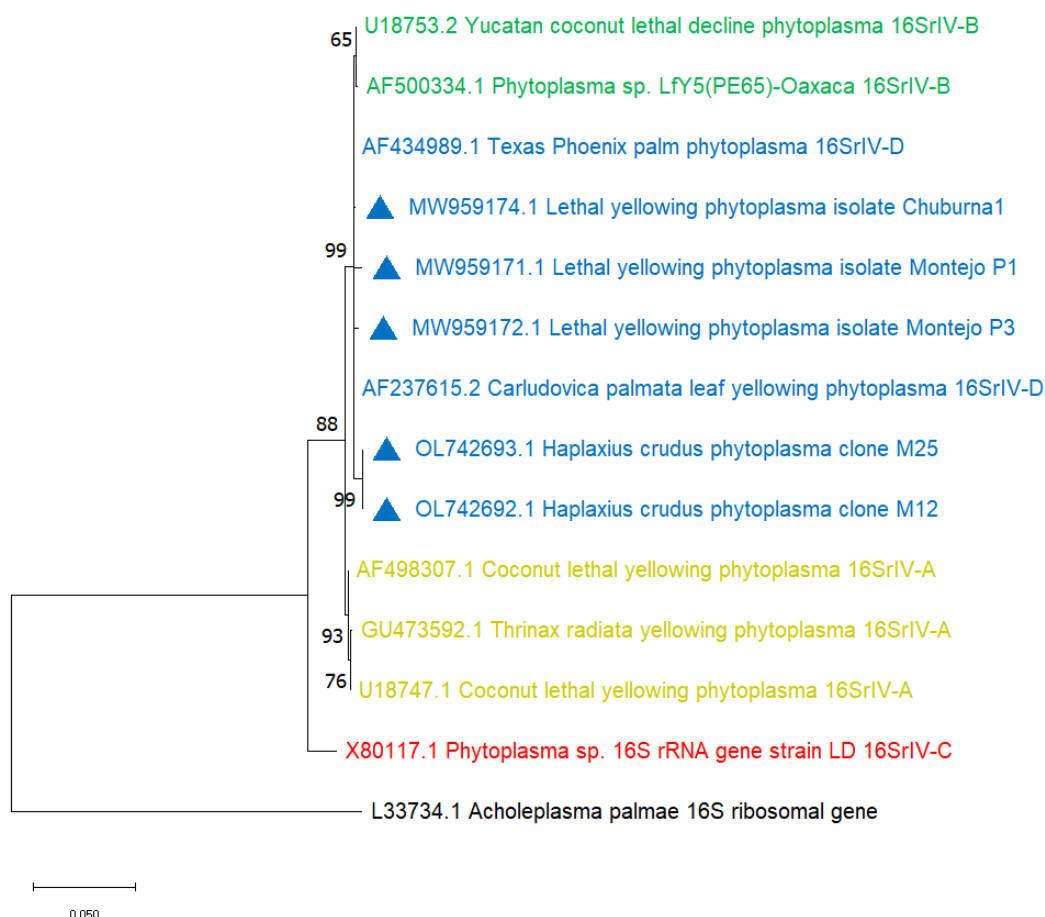


Figura 3. Árbol filogenético de secuencias de ARNr 16S construido por máxima verosimilitud. Los fitoplasmas secuenciados en este estudio aparecen resaltados con ▲. El número junto a los nodos indica el respaldo de los clados formados.

En primera instancia, se capturaron 89 *H. crudus* en las tres palmas. La tasa de infección por fitoplasmas del grupo 16SrIV de la población tomada de la primera *P. pacifica* (MW959171) fue de 97.14% (34 de 35 individuos), la de la segunda *P. pacifica* (MW959172) fue de 71.42% (15 de 21 individuos), mientras que en la población de *T. radiata* fue de 39.39% (13 de 33 individuos) (Cuadro 1). Estos tres resultados son superiores a tasas de infección en poblaciones de *H. crudus* reportadas en estudios previos. Específicamente, en Yucatán, Narváez et al. (2018) reportaron una tasa de infección de 2.93% en una población de 2,726 individuos analizados. De igual forma, en Florida, EUA, Mou et al. (2020) detectaron

fitoplasmas en 0.67% de 2,829 individuos. Sin embargo, las poblaciones analizadas en los estudios antes mencionados no fueron tomadas exclusivamente de palmas enfermas, sino de sitios con presencia de palmas con EAL, al igual que palmas sanas, hecho que pudiese explicar estos relativamente bajos porcentajes, tomando en cuenta que muchos de los individuos capturados no estaban alimentándose de palmas infectadas al momento de la captura. De hecho, Harrison y Oropeza (1997), al analizar una población de 1,321 *H. crudus* tomados únicamente de cocoteros enfermos de AL, reportaron una tasa de infección por fitoplasmas considerablemente mayor, de 10.9%. Tomando en cuenta que las técnicas de detección en ese estudio fueron una sola ronda de amplificación por PCR y un ensayo de hibridación con una sonda específica, es probable que la cantidad real de insectos positivos fuese aún más alta que la reportada, ya que la sensibilidad de la detección aumenta con el uso de protocolos de PCR anidada y PCR en tiempo real (Córdova et al., 2014).

Cuadro 1. Detección de fitoplasmas del grupo 16SrIV por PCR en tiempo real en las tres poblaciones de *H. crudus* tomadas de palmas enfermas.

Núm. de insecto	<i>Pritchardia pacifica</i> 1		<i>Pritchardia pacifica</i> 2		<i>Thrinax radiata</i>	
	Ct	Diagn.	Ct	Diagn.	Ct	Diagn.
1	25.09	+	28.17	+	30.72	+
2	26.85	+	33.80	—	28.13	+
3	24.88	+	32.09	—	37.23	—
4	30.89	+	29.05	+	31.12	—
5	28.15	+	30.48	+	31.74	—
6	33.72	—	35.05	—	31.10	—
7	26.96	+	28.09	+	26.84	+
8	24.95	+	34.09	—	39.62	—
9	24.26	+	32.46	—	32.16	—
10	27.82	+	31.95	—	31.64	—
11	21.37	+	29.66	+	32.08	—
12	22.64	+	30.25	+	30.72	+
13	28.04	+	30.16	+	29.78	+
14	26.39	+	30.57	+	30.53	+

Núm. de insecto	<i>Pritchardia pacifica</i> 1		<i>Pritchardia pacifica</i> 2		<i>Thrinax radiata</i>	
	Ct	Diagn.	Ct	Diagn.	Ct	Diagn.
15	25.84	+	30.79	+	33.11	–
16	27.89	+	28.59	+	32.05	–
17	29.61	+	28.53	+	30.69	+
18	24.13	+	29.08	+	31.67	–
19	28.26	+	26.36	+	29.94	+
20	26.99	+	27.52	+	31.20	–
21	24.55	+	28.35	+	30.94	+
22	30.11	+			31.16	–
23	29.46	+			31.69	–
24	28.36	+			33.51	–
25	22.55	+			31.22	–
26	29.06	+			32.13	–
27	30.13	+			30.56	+
28	25.90	+		NA	31.99	–
29	24.83	+			31.77	–
30	24.28	+			30.28	+
31	25.23	+			34.42	–
32	26.24	+			30.95	+
33	26.84	+			29.55	+
34	20.90	+				
35	24.54	+				NA
Control +	28.60	+	28.76	+	24.29	+
Control –	35.64	–	33.52	–	36.66	–

Dado que la mayor tasa de infección por fitoplasmas se obtuvo de la población de *H. crudus* tomada de la primera *P. pacifica*, se regresó un mes después al sitio y se realizó una nueva colecta de 19 individuos, los cuales fueron segmentados en cabeza-tórax y abdomen y ambos segmentos sometidos al protocolo de detección de fitoplasmas. Nueve de estos individuos (47.3%) resultaron positivos al análisis en al menos uno de los segmentos (Cuadro 2). En seis

Agradecimientos

El primer autor agradece al CONAHCYT por la beca núm. 466618 recibida durante la fase experimental de este estudio.

Literatura Citada

Córdova, I., C. Oropeza, C. Puch-Hau, N. Harrison, A. Collí-Rodríguez, M. ta et al. 2014. A real-time PCR assay for detection of coconut lethal yellowing phytoplasmas of group 16SrIV subgroups A, D and E found in the Americas. J. Plant Pathol. 96(2):343-352.

Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12(1):13-15.

Dzido, J., R. Sánchez, M. Dollet, J. Julia, M. Narvaez, S. Fabre et al. 2020. *Haplaxius cudos* (Hemiptera: Cixiidae) transmits the lethal yellowing phytoplasmas, 16SrIV, to *Pritchardia Pacifica* Seem. & H.Wendl (Arecaceae) in Yucatán, México. Neotrop. Entomol. 49(6):795-805.

Gundersen, D. E. and I. -M. Lee. 1996. Ultrasensitive detection of phytoplasmas by nested-PCR assays using two universal primer pairs. Phytopath. Medit. 35(3):144-151.

Harrison, N. A. and C. Oropeza. 1997. Recent studies on detection of lethal yellowing disease phytoplasmas in the Americas. p. 221-234. In: Eden-Green, S. J. and F. Ofori (eds.). Proceedings of an international workshop on lethal yellowing-like diseases of coconut, Elmina, Ghana, November 1995. Natural Resources Institute. Chatham, Kent, UK.

Harrison, N. A., W. Myrie, P. Jones, M. L. Carpio, M. Castillo, M. M. Doyle et al. 2002. 16S rRNA interopron sequence heterogeneity distinguishes strain populations of palm lethal yellowing phytoplasma in the Caribbean region. Ann. Appl. Biol. 141(2):183-193.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Ortiz-García, C. F., D. Alvarado-Rosales, C. Oropeza, L. de L. Saavedra-Romero, S. Aranda-Ocampo, A. Almaraz-Sánchez et al. 2024. The decline and death of Canary Island date palms in México City is associated with subgroup 16SrIV-D phytoplasmas. Austral. Plant Pathol. 53(2):175-184.

Palma-Cancino, P. J., J. A. Samaniego-Gaxiola, M. Narváez, G. Nic-Matos, Y. Chew-Madinaveitia, A. Pedroza-Sandoval et al. 2020. First report of mortality in *Phoenix canariensis* associated with subgroup 16SrIV-D phytoplasmas in Coahuila, Mexico. Afr. J. Biotechnol. 19(12):846-857.

Pérez-Hernández, O., C. C. Góngora-Canul, M. F. Medina-Lara, C. Oropeza-Salín, J. A. Escamilla-Bencomo y G. Mora-Aguilera. 2004. Patrón espacio-temporal del amarillamiento letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. Rev. Mex. Fitopatol. 22(2):231-238.

Ramos, H. E., J. M. Leshner G., C. Oropeza S., C. F. Ortiz G., M. A. Magaña A., S. Sánchez S. et al. 2020. Detection and identification of phytoplasmas in the 16SrIV-A, -B and -D subgroups in palms in Tabasco, Mexico. Plant Dis. 104(10):2606-2612.

Smart, C. D., B. Schneider, C. L. Blomquist, L. J. Guerra, N. A. Harrison, U. Ahrens et al. 1996. Phytoplasma-specific PCR primers based on sequences of the 16S-23S rRNA spacer region. App. Environ. Microbiol. 62(8):2988-2993.

Zhao, Y., W. Wei, I. -M. Lee, J. Shao, X. Suo and R. E. Davis. 2009. Construction of an interactive online phytoplasma classification tool, *iPhyClassifier*, and its application in analysis of the peach X-disease phytoplasma group (16SrIII). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 59(10):2582-2593.



CULTIVOS ANUALES

mencionado. Mientras que en la densidad poblacional de 50,000 plantas ha^{-1} , el resultado se debe a la mejora que se produce en los atributos de mazorca, grano y peso de este por planta.

Palabras clave: fertilización edáfica y foliar balanceada, características agronómicas, rendimiento de grano y sus componentes.

Introducción

México es el centro de origen y diversificación del maíz (*Zea mays* L.), siendo uno de los cultivos más sembrado en el país, por su arraigo cultural, su importancia económica, social y alimenticia, su diversidad genética con 60 razas nativas de maíz (CONABIO, 2008). A pesar de que México tiene una gran diversidad genética, poca es la atención que se ha dado al potencial productivo de los maíces nativos que representan alrededor de 65% de la superficie cultivada (Guadarrama *et al.*, 2014).

Los maíces nativos o “criollos”, como también los llaman los productores, poseen un gran arraigo ancestral, en la población mexicana, debido a sus características de colores, sabores y olores. Estos maíces en la Península de Yucatán representan el 34 % de la superficie sembrada y en el Estado de Campeche, donde se llevó a cabo la investigación, el 76.3% de la producción total de la región (SIAP, 2016).

Por lo que adecuar las prácticas agronómicas a su producción, para incrementar el rendimiento y calidad de grano es una necesidad de las investigaciones agrícolas actuales. Tal es el caso de las densidades de siembra, en la actualidad existe la tendencia hacia sistemas de alta productividad de maíz con genotipos adaptados a mayores densidades poblacionales. Sin embargo, en la península de Yucatán, donde se encuentra el Estado de Campeche, el maíz criollo se siembra con un marco de plantación de 0.80 m x 0.50 m, lo que arroja una densidad de 25,000 plantas por hectárea, bajo temporal y una fórmula fertilizadora de 86-229-00 kg ha^{-1} de N- P_2O_5 y K_2O , respectivamente (Basulto, *et al.*, 2017); con rendimientos entre 0.8 a 0.9 ton ha^{-1} , cifra por debajo del 50% del promedio nacional (2.0 t ha^{-1}) (Castillo, *et al.*, 2021).

La densidad de población es el factor de manejo más importante para lograr mayores rendimientos en maíz (Tollenar y Lee, 2011); un aumento en las poblaciones de maíz

Campeche. Localizándose en la Latitud 20.379291 y en la Longitud -90.06113, con una elevación de 18.40±36 m.s.n.m, determinado con el programa, NoteCam, cámara APP combinada con la información del GPS. Siendo el tipo de suelo Leptosol Lítico (Calcárico), de color rojo con abundante roca calcaría (Palma, 2017). El periodo del experimento fue de marzo-julio de los años 2022 y 2023, siendo los datos que se presentan, el promedio de ambos ciclos. Consistiendo la evaluación de tres densidades de siembra, cuadro 1. Partiendo de los resultados de Ramírez, *et al.*, (2020), los cuales obtuvieron incrementos en rendimiento de grano de maíz en un material nativo tropical, “Dosmesano”, al aumentar la distancia entre surcos de 0.8 a 1.0 metro y ausencia de efectos significativos en las distancias entre plantas de 0.20 y 0.25 m.

El maíz se sembró en marzo de ambos años, fertilizándose a los 11 y 30 días de emergida (dde) las plántulas, con la fórmula fertilizante 66-27-57 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, calculada a partir de los macronutrientes extraídos por una tonelada de granos de maíz (Hernández, *et al.*, 2014). Además de la fertilización edáfica de base, se efectuaron tres fertilizaciones foliares, con Bayfolan® Forte, a dosis de 2, 3 y 4 L ha⁻¹, como indica el fabricante, siendo los momentos de aplicación a los 11, 30 y 45 dde las plántulas.

Cuadro 1. Tratamientos de densidades de siembra aplicados al maíz, material vegetal, X-Mejen Nal, en el periodo marzo a julio del año 2023.

Tratamientos	Distancia entre surco (m)	Densidad entre plantas (m)	Densidad de población (plantas ha ⁻¹)
1	1.0	0.10	100,000
2	1.0	0.20	50,000
3	1.0	0.40	25,000

El diseño experimental fue bloques al azar, con cuatro repeticiones, siendo estas de 20 m², con un marco de siembra y densidad, según tratamientos. En todos los casos la información estadística, se procesó con el paquete *The SAS System for Windows 9*, versión en español, según diseño. Realizando la comparación de medias mediante *Tukey al 0.05*.

Se evaluó a los 80 días después de emergida (dde) las plántulas, fase reproductiva, entre las etapas R2 y R3 las siguientes variables: altura de la planta (cm) desde el suelo hasta la inserción de la hoja bandera, diámetro del tallo (mm), medido a la altura del cuarto entrenudo,

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

indicadoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Presentando diferencias significativas ($P \leq 0,05$); en el caso de la altura a favor de los tratamientos 1 y 2. Mientras que, para el diámetro de tallo, son los tratamientos 3 y 2 los de mejores valores. Por su parte el número de hojas totales, mostró los mayores efectos para el tratamiento de menor densidad de plantas 25,000 p ha⁻¹ (T1).

Para el caso de la altura de planta, fue la densidad de 100,000 p ha⁻¹, la de mayores valores. Tal resultado se debe al efecto de la competencia que se establece entre las plantas por la luz y otros recursos del agroecosistema. Al respecto Pérez y Hernández, (2022), exponen que la altura de la planta puede verse alterada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes. En este proceso intervienen las auxinas que son las encargadas de estimular el crecimiento por elongación y que se produzca o no un crecimiento en las plantas dependerá de la presión y de la elasticidad de la pared celular; por lo que entre más cercas se encuentren las plantas una de otra la competencia será mayor y la producción de las auxinas también (Pérez y Hernández, 2022).

Cuadro 2. Altura (cm) de planta y diámetro (mm) del tallo del tallo a los 80 dde las plántulas, fase reproductiva, entre las etapas R2 y R3 del cultivo de maíz nativo, material vegetal X-Mejen Nal, ante densidades de siembra.

Tratamientos	Altura de planta	Diámetro del tallo	Hojas totales
T1: 100,000 plantas(p) ha ⁻¹	301.00 ^a	23.38 ^b	12.21 ^c
T2: 50,000 plantas(p) ha ⁻¹	261.00 ^{ab}	29.63 ^{ab}	13.62 ^b
T3: 25,000 plantas(p) ha ⁻¹	229.00 ^b	34.81 ^a	14.55 ^a
DSMh	55.210*	7.000*	0.480*
CV (%)	12.08	13.83	2.07

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, * ($P \leq 0.05$); DSMh (Diferencia significativa honesta) y Coeficiente de variación.

Por su parte el diámetro de tallo, tiene efecto directo en la resistencia de las plantas al acame, producto de los vientos y otros factores climáticos. Teniendo un comportamiento inverso a la altura, a medida que las densidades de población son menores, su valor es mayor, como son los casos de los tratamientos 3(25,000 p ha⁻¹) y 2 (50,000 p ha⁻¹). Dependiendo la misma de los nutrientes que les aporten el suelo a las plantas y también del material genético; además, tiene un papel significativo en el buen llenado de los granos y así obtener mayores rendimientos (Zamora *et al.*, 2018). La variable número de hojas totales, también es indicador

de

la competencia entre las plantas, con la cercanía de estas, no permite un óptimo aprovechamiento de los recursos (agua, luz, nutrientes, etc.) para el mayor crecimiento de la lámina foliar. Siendo el comportamiento de esta variable indispensable en cualquier cultivo y ayuda a determinar la eficiencia de las plantas en el proceso fotosintético (Pérez y Hernández, 2022).

Mientras que la figura 1, muestra los resultados del parámetro número de hojas por encima de la mazorca, la cual presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), de los tratamientos 2 y 3 con respecto al 1. A pesar de que el número de hojas por encima de la mazorca es un parámetro, de gran importancia para explicar la diversidad entre poblaciones de maíz, siendo un carácter que depende del material genético, lo que hace difícil su variación (Conceição, *et al.*, 2019); este parámetro se vio afectado con la densidad más alta de 100,000 p ha⁻¹, evidenciando que el material nativo evaluado, están genéticamente adaptado a grandes densidades de poblaciones. En este particular, Tanaka y Yamaguchi, (1972), concluyeron, que las hojas por encima de la mazorca son las más importantes para proporcionar productos de la fotosíntesis a los granos en desarrollo, contribuyendo con más del 90 % del peso de los granos, estando el número crítico de estas en 5 hojas, siendo el caso de todos los tratamientos.

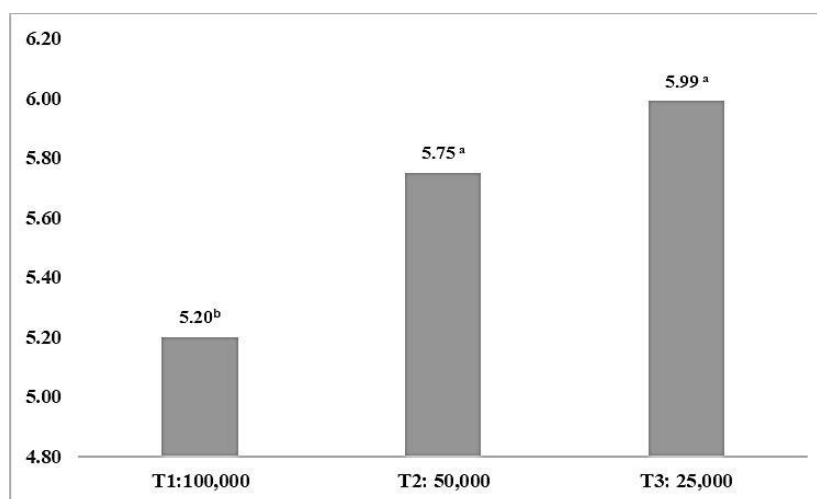


Figura 1: número de hojas por encima de la mazorca a los 80 dde las plántulas. Respuesta a tres densidades de población. Diferencia significativa honesta) (DSMh): 0.510. Coeficiente de variación (CV): 5.19*. ($P \leq 0.05$).

En el cuadro 3, se exponen los valores de área foliar total, promedio e índice de área foliar. Mostrando diferencia significativa ($P \leq 0.05$), donde los tratamientos con menores densidades de población presentan los mejores efectos en área foliar total y promedio; mientras que el índice de área foliar tiene una tendencia inversa.

Cuadro 3. Área foliar total (AFT) (cm^2) y promedio (cm^2) (AFP) de las plantas de maíz, así como el índice de área foliar (IAF) a los 80 dde las plántulas, fase reproductiva, entre las etapas R2 y R3 del cultivo de maíz nativo, material vegetal X-Mejen Nal, frente a tres densidades de siembra.

Tratamientos	AFT	AFP	IAF
T1: 100,000 plantas(p) ha^{-1}	7,090.80 ^c	496.98 ^c	7.09 ^a
T2: 50,000 plantas(p) ha^{-1}	8,594.30 ^b	592.67 ^b	4.30 ^b
T3: 25,000 plantas(p) ha^{-1}	10,144.80 ^a	737.83 ^a	2.53 ^c
DSMh	1,026.10*	48.610*	0.420*
CV (%)	6.89	4.61	5.19

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, * ($P \leq 0.05$); DSMh (Diferencia significativa honesta) y Coeficiente de variación.

En este entendido Sánchez, *et al.* (2011), reportaron en un estudio de tres densidades de población (50, 000; 62, 500 y 83, 333 p ha^{-1}), en maíces forrajeros, que la densidad que presento áreas foliares mayores fue la de 50, 000 vs 62, 500 y 83, 333 p ha^{-1} , con incrementos del 7 y 10 % respectivamente, durante dos años de evaluaciones. De igual manera durante dos años de experimentación en híbridos de maíz, se evaluó la respuesta a tres densidades de siembra 60, 000, 75, 000 y 90,000 p ha^{-1} , decreciendo esta variable cuando se incrementó la densidad poblacional entre un 6 y 10 % en ese orden (Subedi *et al.*, 2006).

Por su parte el área foliar promedio ratifica que, en las menores densidades de población, hay un mayor desarrollo de la lámina foliar de la planta de maíz. Esto se atribuye a que las plantas que crecieron a densidades de población bajas tuvieron menor competencia por luz, agua y nutrientes, lo que repercutió en que se generaran doseles de planta más vigorosos (Sánchez, *et al.*, 2011).

En cuanto, al índice de área foliar tuvo una tendencia opuesta (IAF), a medida que la densidad de siembra aumento, este índice fue mayor. Los mayores rendimientos de maíz se alcanzan para IAF, que fluctúan entre 4.70 y 8.00 con densidades entre 60,000 y 120,000 plantas ha^{-1} , en la etapa de floración (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

Por su parte Loomis y Williams (1969) expone rangos de IAF de 3.5 a 8.5, para poblaciones entre 17,500 y 125,000 plantas ha⁻¹. Por lo tanto, el tratamiento 3 (25,000 p ha⁻¹), no alcanza los IAF críticos, habiendo una menor intercepción de la radiación solar por las plantas. El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y su relación con la producción final de granos y la respuesta del cultivo al manejo de las densidades (García, 2018). Mientras que el aumento del IAF, permite una mayor acumulación de materia seca, hasta cierto nivel del IAF, por encima del cual la tasa de crecimiento puede ser constante o decrecer, mientras el IAF sigue aumentando (Di Benedetto y Tognetti, 2016).

Por su parte el cuadro 4, muestra los valores de los días transcurridos desde la emergencia de las plántulas a la floración masculina, femenina y la asincronía entre estas, debido al efecto producido por las densidades en estudio. Viéndose afectada la floración significativamente ($P \leq 0.05$), en todos los casos, alcanzando los mayores días a floración masculina y femenina en las mayores densidades de planta, así como la mayor cantidad de tiempo a la asincronía floral, cuadro 4.

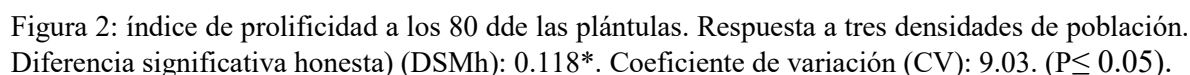
Cuadro 4. Efecto de las densidades de siembra, sobre la Fenología del cultivo de maíz. Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF) y Asincronía floral (AF), del cultivo de maíz nativo, material vegetal X-Mejen Nal.

Tratamientos	DFM	DFF	AF
T1: 100,000 plantas(p) ha ⁻¹	65.25 ^a	70.75 ^a	5.50 ^a
T2: 50,000 plantas(p) ha ⁻¹	60.75 ^b	65.25 ^b	4.50 ^b
T3: 25,000 plantas(p) ha ⁻¹	57.75 ^c	61.75 ^c	4.00 ^b
DSMh	2.701 [*]	2.514 [*]	0.815 [*]
CV (%)	2.55	2.20	10.10

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, * ($P \leq 0.05$); DSMh (Diferencia significativa honesta) y Coeficiente de variación.

Este resultado se debe a que en las altas densidades las plantas crecen más, debido a la competencia entre plantas por luz, nutriente y humedad, mencionado en párrafos anteriores. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cervantes, *et al.*, (2013), al evaluar densidades de 60, 70 y 80 mil p ha⁻¹ siempre en cruza de maíz. Por su parte la asincronía, entre floración masculina y femenina, requirió menos tiempo en los tratamientos donde las densidades fueron menores, sin diferencias estadísticas para 25,000 y 50,000 p ha⁻¹.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.



El cuadro 5, muestra las características de la mazorca, largo, diámetro, número de hileras y de granos por hileras y granos por mazorca, las cuales presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con una tendencia similar en todas las variables evaluadas, donde el tratamiento 2

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

El mayor desarrollo vegetativo expresado a través de las variables diámetro de tallo, número de hojas totales, área foliar total y promedio, se presentó para la densidad poblacional de 25,000 p ha⁻¹; mientras que la mayor competencia entre plantas se muestra en la densidad 100,000 p ha⁻¹, debido a una disminución en las variables antes mencionadas, así como a una mayor altura de planta, menor índice de prolificidad, aumento de los días a floración masculina y femenina, e incremento de la asincronía floral; además, de la disminución significativa en los componentes del rendimiento (características de mazorca y grano). Mientras que el mayor rendimiento de grano por superficie y por planta se presentó para la densidad de 50,000 p ha⁻¹, la cual también exhibió de manera significativa los mejores caracteres de mazorca y granos.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

-

Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11036/5990>. (consultado el 25 de julio de 2023).

Di Benedetto, A. y Tognetti, J., 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revisiones*, 42 (3): 258-282.

Díaz, V., Pérez, D., Páez O., López G y Partidas R., 2007. Evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) en función de dos técnicas de riego y diferentes niveles de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 (4): 84-87. ISSN: 1010-2760.

Gárate, A., y Bonilla, I. 2013. Nutrición mineral y Producción vegetal. En J. Azcón-Bieto y M. Talón (Eds), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (pp. 143-164). Barcelona, España: Adolf Florensa.

García, P., 2018. Los arreglos espaciales en la producción comercial del maíz tropical. *Rev. Tayacaja* 1 (1): 61-68.

Guadarrama, A., F. Aragón y M. Willcox. 2014. Mejoramiento de maíces nativos. *Enlace*. 5(22):11-15.

Hashemi, A. M & Herbert, S. J. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agron. J.* 84: 547-551.

Hernández, V., R. Zetina y I. Meneses. 2014. Extracciones nutrimentales en tres cultivos básicos en Veracruz, México. *Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2 (1): 229-235, ISSN: 2007-6940.

Lino, A., Apolinar, M. y Bolón, J. A., 2023. Tipos de Fertilización en Maíz Nativo (*Zea mays* L.) X-Mejen Nal, Bajo Riego por Goteo. (comp.). *Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable*. INIFAT, SADER y CIRGC, 2585 p.

Loomis, R.S. & Williams, W.A. 1969. Productivity and the morphology of crop stand: patterns with leaves. In: EASTIN, J.D. (Ed.) **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA, p.27-47.

Novacek, M. J.; Mason, S. C.; Galusha, T. D. and Yaseen, M. 2014. Bt transgenes minimally influence maize grain yields and lodging across plant populations. *Maydica*. 59(1-4):90-95.

Palma, D. J., J. Zavala, F. Bautista, M. A. Morales, A. López, *et al.*, 2017. Clasificación y Cartografía de Suelos del Estado de Campeche, México. *Agroproductividad*. 10 (12): 71-78.

Subedi, K. D., B. L. Ma & D. L. Smith, 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science*, 46:1860-1869, <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.06-0141>.

Tanaka, A. y Yamaguchi, J., 1972. Dry Matter Production, Yield Components and Grain yield of the Maize Plant. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, 57(1), 71-132.

Testa G., Reyneri, A. & Blandino, M., 2016. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy* 72:28- 37, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.006>.

Tollenaar, M. & Lee, E. A. 2011. Strategies for enhancing grain yield in maize. *Plant Breeding Reviews*. 34(4):37-82.

Velázquez, H. H., 2014. Estudio Fisiológico en Familias Prolíficas de un Lote de Producción de Semilla de la Variedad de Maíz Jaguan. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Wilhelm, W. W., F. Ruwe & M. R. Schlemer. 2000. Comparison of three leaf area index meters in corn canopy. *Crop Sci.* 40:1179-1183.

Zamora, R. B., Barreto, A. V., Vines, J. F., Parrales, F. S., Mendoza, J. P., & Macías, S. T., 2018. Crecimiento y producción del maíz, *Zea mays* L. en huertos biointensivos y convencionales en Lodana, Manabí, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(4): 3-7.

Zamudio, G. B., Espinosa, C. A., Tadeo, R. M., Encastin, D. J. J., Martínez, R. J. N., Feliz, R. A., Cárdenas, M. A. L., Turren, F. A., 2015. Producción de Híbridos y Variedades de Maíz para Grano en Siembra a Dobles Hilera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 6(7): 1491 – 1505.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Resumen

¹Sitio Experimental Tlaxcala, INIFAP. ²Campo Experimental Valle de México, ³Residente de la UPTlax

debido a que los donantes han realizado mejoramiento para satisfacer la demanda de grano para forraje basado en sus sistemas agropecuarios de producción.

Palabras clave: potencial productivo, sequía, rendimiento, precocidad.

Introducción

El fenómeno del cambio climático ha generado un incremento en la variabilidad climática con mayor incidencia en las condiciones extremas como la sequía, altas temperaturas y lluvias erráticas, presencia de heladas tempranas principalmente que afectan de forma significativa la productividad de los sistemas de producción, como lo menciona Sánchez, *et al.*, (2008) donde indica que el sector agrícola es el de más alto riesgo y con mayor incertidumbre al cambio climático. Actualmente, estas condiciones se presentan en los ambientes de producción de maíz en el estado de Tlaxcala y afectan la productividad y rentabilidad del cultivo como lo menciona Arellano *et al.*, (2009). Por otro lado, los productores disponen de maíces nativos que han conservado y cultivado de generación en generación (Rojas, 1996, Sangerman *et al.*, 2018), debido a que poseen características de adaptabilidad a las condiciones del cambio climático, por lo que se tiene la necesidad de evaluar accesiones nativas en su ambiente natural de procedencia, para conocer su estabilidad como lo indica Balzarini *et al.*, (2015) y María (1997), y que confirme el potencial adaptativo y de aprovechamiento en los sistemas agropecuarios actuales y su valor en programas de conservación y de mejoramiento genético. La evaluación *in situ* es esencial para conocer la respuesta de las plantas a condiciones agroclimáticas extremas las cuales representan el 52.63% de la superficie total sembrada en la entidad con un rendimiento promedio (2011 a 2022) de 2.36 ton/ha. (SIAP, 2022), así como también permite identificar genotipos (maíces nativos) con tolerancia a estrés agroclimático mediante características agronómicas deseables como resistencia a enfermedades, precocidad, porte de la planta, densidad del sistema radical entre otras características que contribuyen como mecanismos de escape para enfrentar y mitigar la adversidad de las condiciones de suelo y clima (Bellon *et*

al.,

2009). El objetivo del presente trabajo es evaluar accesiones nativas de maíz en territorios de procedencia con condiciones agroclimáticas extremas en el estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

En los tres territorios identificados de la colecta, se evaluaron 160 accesiones nativas de maíz, lotificados por color en 104 blancos, 25 amarillos, 20 azules y 11 rojos para reducir la contaminación a través de la distancia. La siembra de los ensayos en el ciclo PV 2023 fue en el **territorio 1 oriente** el 10 y 11 de mayo en Nexnopala, Altzayanca, en el **territorio 2 poniente** el 29 y 30 de mayo en Las Pilas, Españita y en el **territorio 3 centro norte** el 8 y 9 de mayo en La Magdalena Soltepec, Tlaxco. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 4 surcos de 5 m con separación de 0.80 m y la parcela útil dos surcos centrales. La densidad de población fue de 50 mil pl/ha. El control de la maleza se realizó con la aplicación de Gesaprim calibre 90 a razón de 1.0 kg/ha en pre emergencia al cultivo y a la maleza. La fórmula de fertilización fue 140-60-30 (NPK) aplicando en banda la mezcla del 50% de nitrógeno y todo el fosforo y potasio a la siembra y el resto del nitrógeno en la escarda a los 50-55 dds. Las variables registradas fueron: Rendimiento de grano al 14% de humedad en kg/ha (**REN**), días a floración masculina (**DFM**) y femenina (**DFF**), altura de la planta (**AP**) y mazorca (**AM**), porcentaje de hijos (**PHIJ**), peso de 100 semillas (**PCS**) y peso volumétrico (**PV**).

Resultados y discusión

En el Figura 1 se presenta la distribución de lluvia de las estaciones climatológicas (CONAGUA, 2023) representativas de los tres territorios, donde el menor registro de lluvia fue en el territorio 1 oriente con 282.35 mm de enero a diciembre, de los cuales el 80% se presentó en el periodo de mayo a octubre con una presencia de lluvia en canícula de 38 mm, lo que afectó de manera significativa el potencial de rendimiento de las accesiones de maíz nativo. En el caso de los territorios 2 poniente y 3 centro norte se tuvieron mejor distribución de lluvia, sin dejar de tener la presencia de sequía y afectación del cultivo.

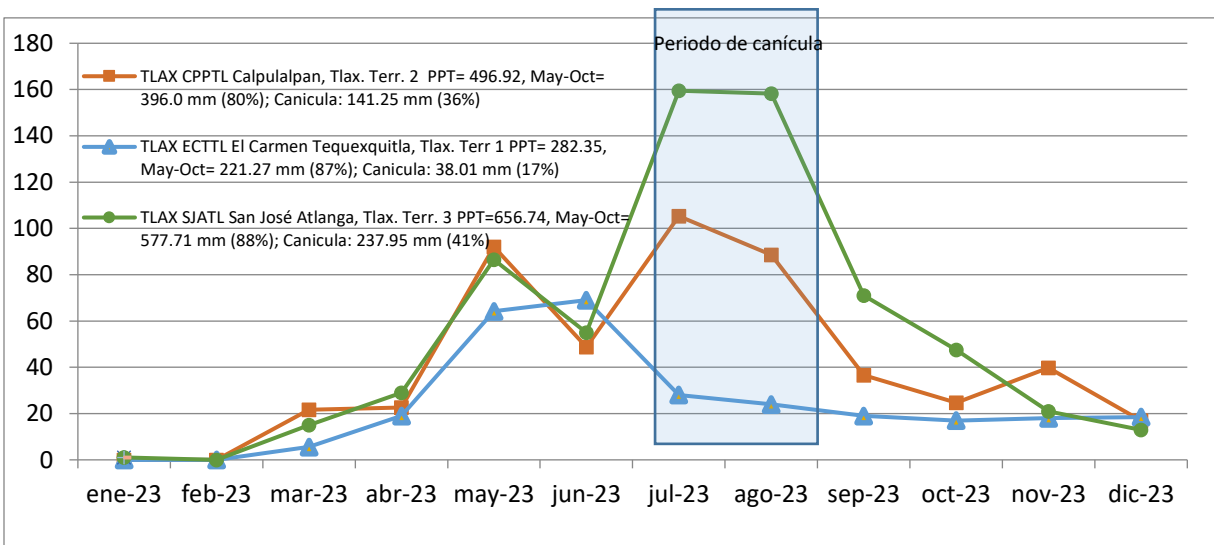


Figura 1. Distribución de la lluvia registrada en las estaciones ubicadas en los territorios identificados.

Comportamiento agronómico de accesiones nativas de maíz en las localidades de los territorios identificados.

Los resultados correspondientes al ensayo de maíces blancos en las localidades de Las Pilas, Españita y La Magdalena Soltepec se presentan las 25 accesiones sobresalientes en rendimiento y en Nexnopala, Altzayanca las accesiones que lograron producir, dada las condiciones de temperatura y falta de lluvia. Por lo anterior, se describen los resultados obtenidos con las variables registradas por localidad, tipo de ensayo y accesión.

Las pilas, Españita

✓ Maíces blancos

El Análisis de varianza presento significancia estadística ($P < 0.01$) para todas las variables registradas y la comparación de medias indica que las accesiones con mayor rendimiento fueron 36, 25, 42, 26 y 14 con 6726, 6711, 6246, 6018 y 5900 kg/ha, respectivamente, además presentaron una precocidad intermedia con 90, 93, 90, 90 y 88 días DFM. La AP de fue de

255, 253, 282, 258, 272 cm y AM de 154, 158, 178, 163 y 168 cm. El PHIJ fue de 49.7, 55.3, 25.0, 57.6 y 70.4%, y un PCS de 43.4, 39.3, 43.3, 43.0 y 36.7 g con un PV de 698.6, 686.7, 676.3, 696.5 y 712.2 g/L, en ese orden (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz blanco en Las Pilas, Españita, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PHIJ	PCS	PV
36	6726	90	95	255	154	49.7	43.4	698.6
25	6711	93	93	253	158	55.3	39.3	686.7
42	6246	90	96	282	178	25.0	43.3	676.3
26	6018	90	96	258	163	57.6	43.0	696.5
14	5900	88	97	272	168	70.4	36.7	712.2
113	5833	86	89	250	171	86.2	40.6	706.8
85	5604	88	92	273	179	55.4	43.8	700.5
21	5597	89	98	215	155	38.4	42.6 a	731.2
1	5567	88	92	261	173	78.9	38.3	646.9
86	5428	90	90	252	170	100.0	38.7	701.8
94	5365	91	93	248	153	33.8	39.4	695.9
111	5340	88	94	282	157	60.9	41.1	709.9
3	5237	78	95	260	164	30.5	39.5	734.0
37	5202	90	98	303	178	79.7	40.4	694.1
48	5200	90	97	265	158	14.7	36.4	715.0
17	5148	86	100	287	176	65.3	40.1	693.8
103	5137	90	94	265	169	105.3 b	32.2	681.8
10	5135	76	92	246	151	32.7	40.4	718.8
52	5106	84	90	255	170	43.1	39.0	734.0
15	5063	76	80	218	122	55.9 l	48.0	720.1
DSH	1144	1.2	1.2	70.9	56.5	14.6	10.6	70.0
ACC	20.35**	1079.37**	477.27**	3.06**	4.13**	114.65**	7.63**	6.94**
MEDIA	4414.2	86.1	92.0	253.5	156.2	48.9	38.9	700.6
CV (%)	7.2	0.4	0.4	7.8	10.1	8.3	7.6	2.8

✓ Maíces amarillos

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza presento significancia estadística ($P < 0.01$) para todas las variables registradas, excepto PCS y PV que fueron significativas ($P < 0.05$), la comparación de medias indica que las accesiones con mayor rendimiento fueron 155, 148, 150, 116 y 24 con 7967, 6724, 6569, 6333 y 6230 kg/ha, superando a variedades mejoradas reportadas por Espinosa, *et al.*, (2011). Estas accesiones presentaron una precocidad

intermedia con 76, 83, 91, 93 y 88 DFM que es una característica obligada en estos ambientes de presencia de heladas. La AP fue 287, 273, 275, 267 y 238 cm y AM de 172, 163, 167, 167 y 143 cm. El PHIJ fue de 138.3, 114.7, 67.8, 88.1 y 104.4%, y un PCS de 41.6, 40.7, 42.4,

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PHIJ	PCS	PV
155	7967	76	100	287	171	138.3	41.6	751.7
148	6723	83	93	273	163	114.7	40.7	742.4
150	6569	91	94	275	166	67.8	42.4	731.7
116	6333	93	95	266	166	88.1	38.0	745.0
24	6229	88	95	238	143	104.4	39.9	738.2
128	6099	76	96	226	148	86.6	37.4	736.0
130	6088	96	93	256	153	107.4	39.7	736.6
91	5734	88	97	273	16	57.3	39.4	738.1
81	5706	92	94	268	165	74.8	37.6	738.9
139	5675	93	100	250	165	56.3	37.6	746.1
122	5618	76	93	271	161	85.1	38.3	741.5
76	5574	74	96	261	141	53.0	41.0	749.9
43	5497	87	96	260	145	86.2	36.4	753.0
104	5338	82	96	226	140	78.1	35.8	747.1
50	5314	85	94	283	150	50.9	34.7	731.0
134	5288	91	93	268	147	120.0	37.2	738.5
7	5278	93	94	223	120	29.3	38.2	726.8
101	5241	87	94	270	147	68.9	39.5	754.7
79	5212	93	100	276	158	65.8	35.6	757.0
39	5158	82	94	236	145	48.6	36.0	747.6
109	4994	94	95	247	138	62.0	45.5	709.6
98	4892	76	93	257	156	84.6	42.8	736.3
34	4873	84	89	245	140	90.4	31.8	737.2
141	4695	91	95	292	190	95.7	37.1	714.2
56	4425	91	95	232	138	29.4	33.4	728.1
DSH	981.2	2	2.8	47.9	39.8	57.1	12.7	46.4
ACC	2.75 **	330.66**	25.86**	5.15**	3.96**	6.73 **	1.75 *	1.84 *
MEDIA	5621.2	86.5	94.9	258.8	153.1	77.7	38.3	739.1
CV (%)	14.1	0.7	0.9	5.8	8.2	23.2	10.4	1.9

38.0 y 39.9 g con un PV de 751.7, 742.4, 731.7, 745.0 y 738.2 g/L, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz amarillo en Las Pilas, Españita, Tlaxcala, 2023.

✓ Maíces azules

El Análisis de varianza presento significancia estadística ($P < 0.01$) para todas las variables registradas, la comparación de medias (Cuadro 3) indica que las accesiones con mayor rendimiento de grano fueron 40, 89, 124, 78 y 133 con 6576, 6081, 5850, 5813 y 5731 kg/ha, coincidiendo con resultados de Arellano, *et al.*, (2003) en evaluación de criollos azules en diferentes ambientes, así como en la precocidad intermedia que tienen las accesiones con 86, 94, 94, 90 y 94 DFM, y plantas de altura intermedia con 252, 273, 230, 270 y 276 cm y AM de 165, 160, 160, 161 y 155 cm. El PHIJ fue de 58.2, 73.4, 56.3, 62.9 y 44.7%, y un PCS de 35.9, 46.2, 39.8, 38.7 y 41 g con un PV de 687.6, 656.5, 691.1, 654.7 y 621.2 g/L, correspondientemente.

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz azul en Las Pilas, Españita, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PHIJ	PCS	PV
40	6576	86	91	251	165	58.2	35.9	687.6
89	6080	94	89	273	160	73.4	46.2	656.5
124	5849	94	87	230	160	56.3	39.8	691.1
78	5813	90	91	270	161	62.9	38.7	654.7
133	5730	94	87	276	155	44.7	41.0	621.2
125	5647	94	86	258	158	29.9	39.3	685.8
27	5580	88	89	253	153	43.1	36.9	651.8
97	5499	90	89	243	153	36.3	39.6	662.8
127	5452	94	91	243	163	47.0	41.3	659.9
32	5366	92	89	248	145	13.5	41.6	663.9
19	5323	89	91	268	173	48.4	40.2	665.0
138	5188	94	91	263	155	10.9	37.4	689.4
64	5163	89	90	276	143	46.4	35.0	634.1
75	5141	88	91	246	140	40.8	40.0	688.1
144	5053	94	88	243	150	61.7	44.8	676.9
6	4817	91	92	240	143	36.7	32.5	650.7
62	4683	90	87	238	135	22.1	35.9	666.0
60	4525	88	91	240	153	22.0	34.8	693.6
46	4319	92	89	236	130	20.6	33.9	657.0
18	4136	89	95	255	155	34.6	35.9	679.7
DSH	937.5	1.9	2.7	45.9	38.8	38.8	7.8	61
ACC	11.95**	50.40**	17.63**	2.81**	2.16*	5.68**	5.94**	3.03**
MEDIA	5297.5	90.9	89.7	252.8	152.7	40.5	38.5	666.8
CV (%)	5.7	0.7	1.0	5.9	8.2	30.9	6.5	2.9

✓ Maíces rojos

En este tipo de maíces existe poca información, sin embargo, en estos ambientes son importantes debido al uso que se les da, según lo indica Sahagún (2015). Se tuvieron altos rendimientos de grano con las accesiones 74, 153, 72, 126 y 132 con 5615, 5558, 4593, 4453 y 4249 kg/ha (Cuadro 4), donde tuvieron una precocidad intermedia con 94, 89, 89 95 y 95 DFM con una AP de 245, 200, 197, 228 y 252 cm y AM de 151, 127, 145, 143 y 178 cm. El PHIJ fue de 40.5, 16.6, 18.2, 17.4 y 24.5%, y un PCS de 38.7, 35.3, 36.7, 35.7 y 35.8 g con un PV de 688.8, 741.2, 730.9, 685.8 y 679.6 g/L, respectivamente.

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz rojo en Las Pilas, Españita, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PHIJ	PCS	PV
74	5615	94	92	245	151	40.5	38.7	688.8
153	5558	89	91	200	126	16.6	35.3	741.2
72	4593	89	92	196	145	18.2	36.7	730.9
126	4453	95	97	228	143	17.4	35.7	685.0
132	4249	95	100	251	178	24.5	35.8	679.6
16	4240	93	95	243	153	4.2	41.4	692.0
4	4025	94	101	235	145	9.1	35.8	672.3
44	4020	86	88	225	129	7.9	32.2	715.2
152	3668	89	95	220	140	15.4	33.3	666.2
67	3385	86	86	236	113	20.6	30.4	739.1
83	2515	93	95	216	148	7.4	34.1	645.1
HSD	705.4	3.1	1.8	37.1	58.36	10.95	5.5	42.9
ACC	41.53**	32.90**	176.25**	5.64 **	2.15*	22.34**	7.69**	14.12**
MEDIA	4211.3	91.2	93.8	227.2	143.2	16.5	35.4	696.1
CV (%)	5.7	1.1	0.6	5.5	13.8	22.5	5.3	2.1

La Magdalena Soltepec, Tlaxco

✓ Maíces blancos

El Análisis de varianza presento significancia estadística ($P < 0.01$) para todas las variables registradas, la comparación de medias (Cuadro 5) indica que las accesiones con mayor rendimiento de grano fueron 48, 13, 36, 25 y 54 con 3.88, 3.83, 3.73, 3.52 y 3.50 kg/ha, además presentaron una precocidad intermedia con 85, 85, 85, 88 y 76 DFM con una AP de

168, 168, 171, 172 y 153 cm y AM de 98, 93, 92, 100 y 90 cm. El PCS fue de 32.8, 39.2, 34.7, 30.8 y 33.9 g con un PV de 671.3, 592.5, 671.7, 668.2 y 693.3 g/L, en ese orden.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz blanco en La Magdalena Soltepec, Tlaxco, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PCS	PV
48	3.9	85	93	168	97	32.8	671.3
13	3.8	85	94	168	93	39.2	592.5
36	3.7	85	91	171	92	34.7	671.7
25	3.5	88	89	171	100	30.8	668.2
54	3.5	76	89	153	90	33.9	693.3
20	3.5	84	92	165	84	34.8	659.2
21	3.5	84	93	173	102	40.2	693.5
49	3.5	83	88	156	78	32.4	713.3
37	3.4	85	93	174	107	29.9	675.3
80	3.4	85	88	181	98	30.8	665.7
22	3.3	83	87	175	97	38.3	695.3
108	3.2	85	94	169	109	34.1	678.2
113	3.2	81	85	164	102	29.3	682.7
52	3.2	79	86	166	100	33.6	666.6
82	3.2	88	92	171	102	30.6	668.9
71	3.2	83	85	153	82	31.4	699.6
3	3.2	73	90	156	78	31.4	685.6
29	3.2	85	92	171	93	31.7	685.4
99	3.2	85	87	177	93	31.2	653.8
147	3.2	64	81	159	79	37.4	663.0
HSD	0.9	1.2	1.2	40.3	31.8	7.8	68.1
ACC	12.39**	1079.7**	477.27**	4.58**	6.95**	11.83**	8.68**
MEDIA	2.7	81-1	88.0	164.4	89.6	32.6	669.0
CV (%)	9.6	0.4	0.4	6.8	9.9	6.7	2.8

✓ Maíces amarillos

En este territorio el maíz amarillo es fundamental como complemento en el sistema agropecuario, principalmente por insuficiente lluvia y por siembras tardías que frecuentemente hacen que el cultivo sea afectado por heladas tempranas porque muchas de las variedades usadas son tardías como lo indica Espinosa *et al.*, (2011). La comparación de medias (Cuadro 6) indica que las accesiones con mayor rendimiento de grano fueron 7, 24, 34, 39 y 43 con 5.1, 4.6, 4.7, 5.0 y 4.4 kg/ha, además presentaron una precocidad intermedia

con 88, 83, 79, 77 y 82 DFM con una AP de 203, 202, 187, 196 y 197 cm y AM de 92, 105, 98, 109 y 86 cm. El PCS fue de 42.9, 43.8, 38.8, 42.6 y 38.6 g con un PV de 705.1, 732.1, 727.8, 735.6 y 732.3 g/L, correspondientemente.

Cuadro 6. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz amarillo en La Magdalena Soltepec, Tlaxco, Tlaxcala, 2023.

ACC	REND	DFM	DFE	AP	AM	PCS	PV
7	5.1	88	90	203	92	42.9	705.1
24	4.6	83	91	203	106	43.6	732.1
34	4.7	79	85	187	98	38.8	727.8
39	5.0	77	90	196	109	41.6	735.0
43	4.4	82	92	196	87	38.6	732.3
50	5.2	80	90	195	97	38.4	731.0
56	5.1	86	90	206	107	45.0	725.4
76	4.2	69	90	190	107	38.2	728.0
79	4.8	88	96	195	109	38.0	727.3
81	4.4	87	90	188	103	41.4	715.9
91	3.9	83	93	185	97	37.3	719.0
98	4.1	71	89	188	90	38.5	716.6
101	5.0	82	90	187	98	42.7	741.6
104	2.9	77	92	188	88	37.9	740.4
109	3.6	89	91	162	62	43.0	690.5
116	4.6	88	91	186	100	43.2	728.9
122	4.2	71	89	187	85	39.4	717.6
128	4.2	71	92	197	110	43.6	689.5
130	4.0	91	89	198	100	36.1	727.2
134	5.5	86	89	245	111	42.3	729.7
139	3.9	88	96	180	92	38.3	733.8
141	4.3	86	91	195	100	37.3	726.9
148	4.3	78	89	178	99	36.4	704.7
150	5.4	86	90	197	106	39.6	722.1
155	4.9	71	96	193	109	38.9	725.9
HSD	0.9	2.0	2.8	55.6	27.7	8.1	63.9
ACC	12.48 **	330.66**	25.86**	1.96 *	4.65 **	3.06 **	1.32 ns
MEDIA	4.5	81.5	90.9	193.1	98.4	40.1	723.1
CV (%)	6.4	0.8	1.0	9.1	8.8	6.4	2.7

✓ Maíces azules

Este ambiente resulto con menor precipitación, lo que ocasiono que las accesiones con mayor rendimiento de grano fueron 6, 18, 19, 27 y 32 con solo 2.8, 3.8, 4.2, 3.8 y 4.1 kg/ha, sin

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

ACC	REN	DFM	DFE	AP	AM	PHIJ	PCS	PV
6	2.8	86	88	181	103	13.7	29.7	623.4
18	3.8	84	91	155	94	0.0	34.0	659.8
19	4.2	84	87	188	98	9.3	36.1	645.3
27	3.8	83	85	189	109	9.3	30.7	658.6
32	4.1	87	85	194	105	5.8	36.4	652.8
40	4.3	81	87	186	103	0.0	32.7	679.6
46	4.7	87	85	195	112	13.9	32.7	669.7
60	5.4	83	87	191	110	5.5	39.6	651.1
62	4.3	85	83	186	108	13.3	34.9	674.8
64	3.7	84	86	174	99	15.6	33.1	641.5
75	4.5	83	87	202	105	21.0	39.2	666.7
78	5.0	85	87	193	102	1.6	38.2	659.6
89	3.7	89	85	198	100	2.1	39.1	674.5
97	3.7	85	85	193	99	0.0	37.1	653.2
124	3.7	89	83	189	111	8.3	35.9	663.7
125	4.3	89	82	203	118	5.0	32.9	680.3
127	3.3	89	87	171	106	7.0	29.3	610.2
133	2.7	89	83	190	105	9.4	33.6	627.9
138	3.4	89	87	179	105	0.0	32.1	643.4
144	3.7	89	84	207	104	4.2	32.0	666.2
HSD	0.9	1.9	2.7	35.7	27.4	8.3	5.9	57.4
ACC	13.95 **	50.40**	17.63**	3.30 **	1.23 ns	14.96 **	7.92 **	3.14 **
MEDIA	3.9	85.9	85.7	188.2	104.7	7.2	34.5	655.1
CV (%)	7.8	0.7	1.0	6.1	8.4	36.9	5.5	2.8

✓ Maíces rojos

presentaron una precocidad intermedia con 89, 88, 81, 81 y 84 DFM con una AP de 190, 176, 175, 126 y 168 cm y AM de 92, 95, 102, 56 y 86 cm. El PCS fue de 26.4, 38.6, 32.7, 24.3 y 23 g con un PV de 617.3, 681.2, 711.5, 611.6 y 668.9 g/L, en ese orden.

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz rojo en La Magdalena Soltepec, Tlaxco, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PCS	PV
4	3.2	89	97	191	93	26.4	617.3
16	3.3	88	91	176	96	38.6	681.2
44	3.1	81	84	175	102	32.7	711.5
67	2.3	81	82	127	57	24.3	611.6
72	2.5	84	88	168	87	23.0	668.9
74	3.1	89	88	208	102	31.2	653.8
83	2.7	88	91	180	100	29.9	694.6
126	4.6	90	93	193	112	33.4	613.7
132	3.6	90	96	212	113	32.8	678.8
152	3.2	84	91	167	98	32.3	612.5
153	3.5	84	87	166	103	30.4	731.1
HSD	0.7	3.1	1.8	16.8	21.5	6.0	77.6
ACC	16.30 **	32.90 **	176.25**	50.35**	13.16**	14.43 **	7.94 **
MEDIA	3.2	86.2	89.8	178.4	96.5	30.5	661.4
CV (%)	8.1	1.2	0.7	3.1	7.5	6.6	3.9

Nexnopala, Altzayanca

En esta localidad del territorio 1 oriente se tuvieron condiciones de falta de lluvia extrema como se ilustra en la Figura 1, donde esta condición natural de falta de agua de lluvia, selecciono evidentemente las accesiones tolerantes a sequía y altas temperaturas en las accesiones de los ensayos de color blanco y amarillo que aun lograron producir rendimiento de grano. Los ensayos de maíz azul y rojo tuvieron pérdida total.

✓ Maíces blancos

El Análisis de varianza presento significancia estadística ($P < 0.01$) para todas las variables registradas, la comparación de medias (Cuadro 9) indica que las accesiones con mayor rendimiento de grano fueron 28, 38, 45, 52 y 57 con 2236, 1152, 1601, 1140 y 1082 kg/ha,

además presentaron una precocidad intermedia con 82, 86, 86, 79 y 75 DFM con una AP de 125, 135, 145, 119 y 115 cm y AM de 67, 81, 89, 69 y 62 cm. El PCS fue de 36.4, 33.1, 27.2, 28.9 y 26.1 g con un PV de 660.2, 657.1, 688.9, 616.6 y 624.2 g/L, correspondientemente.

Cuadro 9. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz blanco en Nexnopala, Altzayanca, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFP	AP	AM	PCS	PV
28	2237	82	90	126	68	36.4	660.2
38	1153	86	89	136	81	33.1	657.1
45	1602	86	91	146	89	27.2	688.9
52	1141	79	85	119	69	28.9	616.6
57	1082	75	83	115	62	26.1	624.2
66	1515	84	91	140	83	27.9	631.8
73	1218	65	75	110	51	28.5	683.4
77	2343	85	89	133	78	28.9	677.1
82	1285	88	91	129	81	24.5	601.9
86	1355	85	85	135	86	31.7	652.3
99	1557	85	86	145	87	28.6	610.4
107	2091	85	90	138	88	30.8	623.3
108	1889	85	93	129	78	28.7	639.9
137	1647	84	85	136	85	29.4	647.5
158	892	84	90	127	89	23.4	600.9
159	1583	63	80	125	79	34.5	681.4
160	1487	85	87	125	72	28.9	621.5
DSH	390.9	0.9	1.0	15.4	14.9	4.1	98.2
ACC	31.22**	2057.59**	603-09**	11.30**	14.15**	18.34**	2.46*
MEDIA	1533.9	81.8	87.3	130.2	78.0	29.3	642.3
CV (%)	8.3	0.3	0.4	3.9	6.3	4.6	5.0

✓

✓ Maíces amarillos

A pesar de la fuerte sequía se tuvieron rendimiento de grano de 2145, 1305, 1671, 1453 y 914 kg/ha con las accesiones 7, 43, 76, 81 y 91, además presentaron una precocidad intermedia con 89, 83, 69, 88 y 84 DFM con una AP de 110, 93, 84, 108 y 100 cm y AM de 62, 35, 25 66 y 60 cm. El PCS fue de 30.8, 25.3, 29.4, 30.6 y 24.2 g con un PV de 594.4, 537.2, 704.2, 681.7 y 643.6 g/L, respectivamente.

Cuadro 10. Comparación de medias de las variables registradas en el ensayo de accesiones de maíz amarillo en Nexnopala, Altzayanca, Tlaxcala, 2023.

ACC	REN	DFM	DFE	AP	AM	PCS	PV
7	2146	90	94	110	63	30.0	594.4
43	1305	84	96	93	35	25.3	537.2
76	1671	70	94	84	25	29.4	704.2
81	1453	89	94	108	66	30.6	681.7
91	914	85	97	100	60	24.2	643.6
101	1331	84	94	122	67	28.7	526.7
109	1083	91	95	100	46	32.2	690.8
116	2244	90	95	116	64	38.2	759.9
122	1224	73	83	105	77	20.7	680.9
128	1245	73	86	114	70	27.0	605.6
134	1401	88	94	103	49	25.7	704.2
139	2235	90	99	120	70	28.4	717.5
150	2353	88	94	95	60	30.3	734.0
DSH	251.4	3.2	1.7	27.3	15.4	2.6	188.8
ACC	125.1**	176.67**	210.14**	5.42**	30.62**	90.76**	4.95**
MEDIA	1584.9	83.7	93.3	105.3	57.8	28.6	660.1
CV (%)	3.9	0.9	0.5	6.4	6.6	2.2	7.1

Conclusiones

Existen maíces nativos con rendimientos sustentables a pesar de las condiciones extremas de sequía, altas temperaturas, heladas y lluvias erráticas que son la base de la producción en estos territorios.

La localidad donde se tuvo mejor respuesta de rendimiento de grano de las accesiones colectadas fue en Las Pilas, seguida de La Magdalena Soltepec y Nexnopala, lo cual obedeció a que en esta localidad se tuvo mayor cantidad y distribución de lluvia.

La evaluación *in situ* de las accesiones en Nexnopala, ratificó que se tienen maíces nativos que pueden enfrentar condiciones agroclimáticas extremas con rendimientos sustentables.

En la localidad de Las Pilas, los maíces amarillos presentaron los mayores rendimientos de grano en comparación con los blancos, azules y rojos, con un promedio de las accesiones sobresalientes de 6.6, 6.3, 6.0 y 4.9 ton/ha, respectivamente.

Arellano, V.J.L. 2009. Reseña histórica de la investigación en maíz en el altiplano de la mesa central de México. Reseña histórica 66 años de investigación al servicio de México 1943-2009. Campo experimental valle de México El Horno. Publicación especial No.1, septiembre 2009. SAGARPA, INIFAP. 104 pp.

Bellon, M. R., Barrientos, P. A. F., Colunga, G. M., Perales P. H., Reyes, A. J. A., Rosales, S. R. y Zizumbo V. D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas en Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México pp. 355-382.

Balzarini, M., Bruno, C. y Arroyo, A. 2015. Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales: Ejemplos con Info-Gen. Estadística y Biometría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. pp 141.

Espinosa, C. A., Tadeo, R. M., Gómez, M. N., Sierra, M. M., Virgen, V. J., Palafox, C. A., Caballero, H. F., Vázquez, C. G., Rodríguez, M. F. A., Valdivia, B. R., Arteaga, E. I. y González, R. I. 2011. "V-55 A", variedad de maíz de grano amarillo para los Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol.34 no.2 Chapingo abr./jun. 2011.

María, R. A. y Hernández, C. J. M. 2010. "Diversidad y distribución actual de los maíces nativos en Tlaxcala". *Informe final de actividades 2008-2010*. 36 pp.

Sahagún C. L. (2015) Recetario de Alimentos, Bebidas, Postres, y Usos Medicinales Elaborados a Base de Maíz en la Época Prehispánica y Actual. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos. SAGARPA. México, D. F. 158 p.

Sánchez. C. I., Díaz, P. G., Ojeda, B. W., Chebhouni, G., Orona, C. I., Villanueva, D. J., González, B. J. L. y González, C. G. (2008). Variabilidad climática en México: Algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. Ingeniería Hidráulica en México 23(4):5-24. Repositorio institucional IMTA.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Consultado en <http://www.siap.sader.gob.mx>

Sangermán, J. D. M., De la O, O. M., Gámez, V. J. A., Navarro, B. A., Ávila, P. M. A. y Schwentesius, R. 2018. Etnografía y prevalencia de maíces nativos en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, con énfasis en maíz ajo (*Zea mays* var. *tunicata* A. St. Hil.). Revista Fitotecnia Mexicana. Vol.41 No.4 Chapingo oct./dic. 2018.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Resumen

¹ Sitio Experimental Tlaxcala, INIFAP. ² Campo Experimental Valle de México, ³

*Autor para correspondencia: fernandez.rogelio@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Introducción

El maíz (*Zea mays*) representa un elemento fundamental en la seguridad alimentaria de numerosas comunidades a nivel mundial, desempeñando un papel crucial en la dieta humana y animal. Sin embargo, la variabilidad climática, implícita por el macro fenómeno de cambio climático, ha generado un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos que comprenden sequías prolongadas, altas temperaturas, lluvias erráticas, presencia de heladas en otoño y otras condiciones agroclimáticas adversas que afectan significativamente la productividad del maíz (Arellano *et al.*, 2009.). En este contexto, surge la necesidad de recolectar e identificar *in situ* las accesiones nativas de maíz de territorios en condiciones extremas para la producción de maíz en el Estado de Tlaxcala, debido a que por generaciones los productores han sembrado la diversidad de maíces que enfrentan la variabilidad agroclimática que determina el potencial productivo de este cultivo. Por lo anterior, se identificaron los territorios para llevar a cabo la colecta con productores donantes con base en una ficha técnica por accesión que incluye datos personales del productor, manejo agronómico del cultivo, características y fotos de la mazorca y productor. Por lo tanto, la colección de accesiones nativas de maíz en Tlaxcala no solo aborda la urgencia de adaptarse a condiciones agroclimáticas extremas, sino que también contribuye a la conservación de la diversidad genética, la sostenibilidad agrícola, la seguridad alimentaria y al mismo tiempo promueve la participación comunitaria y el conocimiento local. Por lo cual, se respalda la necesidad de llevar a cabo esta colecta en beneficio de los productores

residentes en los territorios identificados. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es coleccionar e identificar por razas las accesiones en territorios de condiciones agroclimáticas extremas en el estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

Los criterios para identificar los territorios donde se realizó la colecta de accesiones nativas de maíz en condiciones agroclimáticas extremas fueron: información disponible de mapas de clima y suelo reportados en el Inventario Forestal y de Suelos del estado de Tlaxcala; el potencial productivo para maíz en el estado de Tlaxcala generado por el INIFAP y, además, el conocimiento expertis de la región por parte del personal investigador del INIFAP. La recolección de accesiones nativas de maíz se llevó a cabo mediante el acercamiento de residentes con informantes clave de los territorios identificados, utilizando el método de campo a través de una ficha técnica para recopilar información agronómica del cultivo y, de mazorca y grano con el propietario donante de la accesión. La colecta comprendió 160 de accesiones. El tamaño de la muestra de la accesión fueron 30 mazorcas, de las cuales se tomó una sub-muestra de 6 mazorcas para el registro de las componentes de rendimiento, así como la evidencia de una fotografía por accesión y productor donante. Las accesiones se clasificaron por tipo de raza (Wellhausen *et al.*, 1951) y color. La colecta se envió con una submuestra de 20 mazorcas por accesión al banco de germoplasma de maíz del CEVAMEX para su resguardo y conservación.

Resultados y discusión

Los criterios utilizados para la identificación de territorios con condiciones de baja precipitación, altas temperaturas y tipos de suelo en el estado de Tlaxcala fueron:

Características Agroclimáticas: Las topoformas dominantes en los territorios identificados son: Meseta Basáltica, Llanura aluvial y Llanura con lomerío (Figura 1, mapa a); el clima dominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (mapa c); La precipitación total anual en los territorios poniente y centro norte es de 650 mm y en el territorio oriente de 550 a menos de 420 mm con un gradiente descendente de Alzayanca al Carmen Tequexquitla



(mapa d). En la parte noreste del Estado se presentan temperaturas medias de 13 °C mientras que en la mayor parte del norte del Estado la temperatura media oscila de 13.7 a 14.5 °C donde se tiene mayor riesgo de heladas, por el lado sur oscila de 14.5 a 15.2 °C (mapa e).

Unidades Principales de Suelos y sus Características Físicas: Los tipos de suelo que predominan en el territorio poniente son Cambisol eútrico y Feozem háplico, en el territorio norte centro Feozem háplico y en el territorio oriente el Regosol eútrico (mapa b).

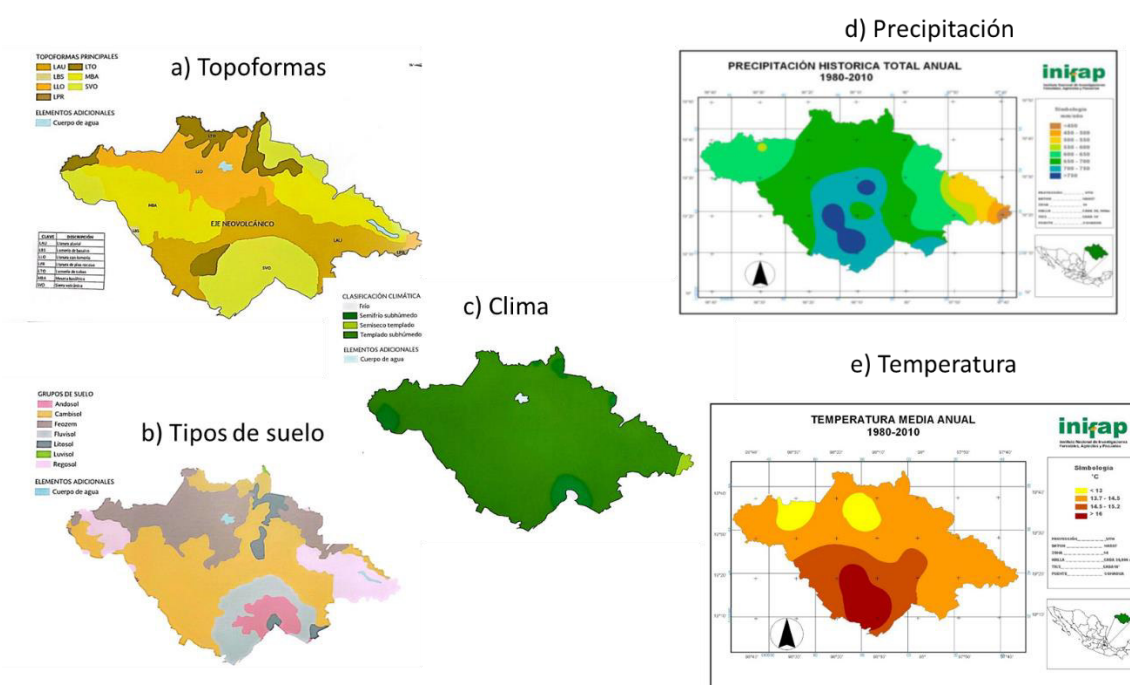
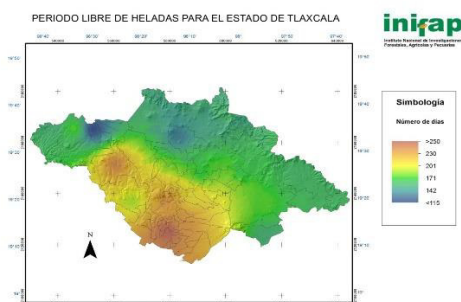


Figura 1. Características agroclimáticas del estado de Tlaxcala

Periodo Libre de Heladas: Se considera la probabilidad y el tiempo de ocurrencia de heladas durante el año, con variaciones significativas entre diferentes áreas del estado. En el territorio poniente el PLH es de 200 a 250 días; en el territorio norte centro y oriente es de 142 a 170 días; sin embargo, en el Carmen Tequexquitla y Atlangatepec se tienen áreas con PLH de menos de 115 días, como se ilustra en la Figura 2.



La Figura 2. Periodo Libre de Heladas (PLH) en el estado de Tlaxcala.

Potencial Productivo: El potencial productivo se realizó con la técnica de Evaluación Multicriterio (EM) con el cual se determinaron 4 niveles de productividad que son: **Muy favorable** o **Muy Buena Productividad (MBP)** que se caracterizan por una temperatura media anual de 11 a 20°C, precipitación pluvial media anual superior a los 675 mm para el periodo mayo-octubre; altitud de 2100 a 2700 metros sobre el nivel del mar, los suelos son profundos con más de 1.0 metro y con buena retención de humedad, debido a la textura franco arcillosa que predomina en los tipos de suelo, además, presentan un periodo libre de heladas mayor a 160 días. Estas áreas abarcan una superficie aproximada de 14,000 hectáreas correspondientes al valle del DDR 164 Tlaxcala, ubicado en la región sur de la entidad. **Favorable** o **Buena Productividad (BP)** se caracterizan por una temperatura media anual de más de 11°C, precipitación pluvial media anual de 500 a 600 mm regularmente distribuidos durante el ciclo vegetativo del maíz; altitud menor a los 2700 msnm, los suelos son de profundos a someros con menos de 1.0 m y regular capacidad de retención de humedad; presentan un periodo libre de heladas de 140 a 160 días. Estas áreas ascienden a más de 54,800 hectáreas de las cuales el 60% se ubican en el DDR 164 Tlaxcala. **Regular** o **Mediana Productividad (MP)** se caracterizan por una temperatura media anual de 10 a 20°C, precipitación pluvial media anual de 450 a 500 mm para el periodo mayo-octubre, altitud de 2100 a 2700 msnm, los suelos son delgados con menos de 50 cm de profundidad, por lo cual presentan baja retención de humedad y con pendientes de más de 4.0%; el periodo libre de heladas es de menos de 140 días. Estas áreas ascienden a 93,000 hectáreas. **Crítico** o **baja productividad (bp)** se caracterizan por una temperatura media anual de 10 a 20°C, precipitación pluvial media anual menor a 450 mm para el periodo mayo-octubre, altitud de

2100 a 2700 msnm, los suelos son delgados con menos de 50 cm de profundidad, de textura arenosa, por lo cual presentan baja retención de humedad y con pendientes de más de 4.0%; el periodo libre de heladas es de menos de 140 días. Estas áreas comprenden 73,300 hectáreas y se ubican principalmente en los municipios de Cuapixtla, Alzayanca y El Carmen Tequexquitla como se aprecia en la Figura 3.

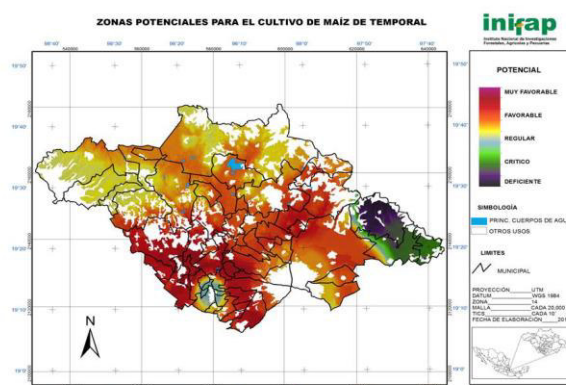


Figura 3. Potencial productivo para maíz en el estado de Tlaxcala.

Conocimiento y Experiencia Local: Se tiene experiencia en el estado de Tlaxcala con proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología de maíz; por lo que la intervención de este conocimiento y experiencia tienen alta influencia sobre la orientación y operación de este proyecto. Además, se tiene amplia vinculación con el sector agropecuario del Gobierno del Estado y con la estructura a nivel de Distrito de Desarrollo Rural (DDR) y los Centros de Apoyo Rural (CADER'S) de la SADER, así como también con algunas organizaciones de productores y agentes de cambio independientes que potencialmente están sabedores del quehacer sustantivo y de los productos que genera y dispone el INIFAP.

Determinación de territorios

Se identificaron tres territorios que fueron: Oriente, Centro norte y Poniente donde se tienen las condiciones agroclimáticas de baja precipitación, altas temperaturas y suelos degradados con mayor riesgo para la producción de maíz en condiciones de temporal en el estado de Tlaxcala.

El Territorio 1 Oriente se ubica en el DDR 165 Huamantla que considera el área de influencia de los CADER'S 04 Huamantla, 05 Cuapixtla y 06 Teometitla/Velazco.

El Territorio 2 Centro norte se ubica en el DDR 163 Calpulalpan que considera el área de influencia de los CADER'S, 09 Apizaco y 10 Tlaxco.

El Territorio 3 Poniente se ubica en el DDR 163 Calpulalpan que considera el área de influencia de los CADER'S, 07 Calpulalpan y 08 Hueyotlipan.

En la Figura 4 se presentan los territorios identificados en las áreas de influencia de los CADER'S por DDR 163 Calpulalpan y 165 Huamantla de la SADER mencionados anteriormente.

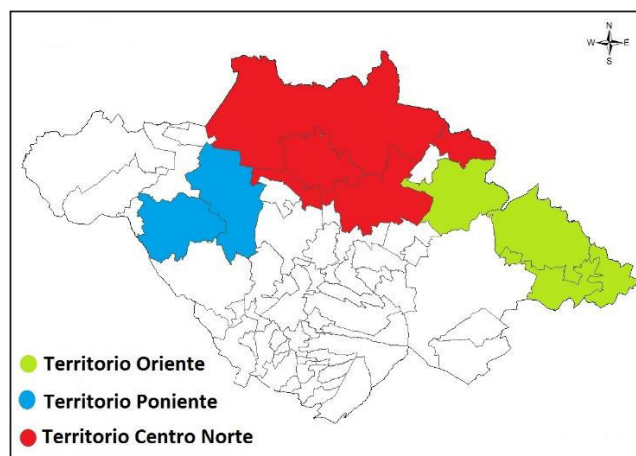


Figura 4. Ubicación de territorios de los CADER'S de los DDR 163-Calpulalpan y 165-Huamantla en el estado de Tlaxcala.



ACTLX - 1



Figura 5. Evidencia de fotografías en la ficha técnica.

Se obtuvieron 160 accesiones de 117 productores donantes como se aprecia en el Cuadro 2, de los cuales 109 son del sexo masculino y 8 del sexo femenino que corresponden al 93 y 7 %, respectivamente (Figura 6). El rango de edad de los productores donantes oscilo desde los 30 a los 89 años, donde la distribución el 60% presenta una edad de 50 a 69 años, el 3.4% son productores jóvenes entre 30 a 39 años y 8.5% son productores adultos mayores entre 80

y 89 años como se observa en la Figura 7, como se ha señalado en los programas de extensionismo 2019 y 2020 en el estado de Tlaxcala. Por lo anterior, se tiene una actividad del sistema de producción de maíz a cargo de productores de 60 años en promedio, lo cual limita la adopción de tecnología de las nuevas innovaciones, lo que frena la rentabilidad del maíz, por otra parte, se tiene una pérdida del sistema tradicional de la aplicación de los criterios de selección y conservación de los maíces criollos nativos acordes a las condiciones de establecimiento del cultivo según el establecimiento de la lluvia, así como también el aprovechamiento de los atributos de calidad del maíz, por ejemplo, los Tlaxcales y pinole.

Cuadro 1. Distribución de accesiones por tipo de color en territorios y municipios seleccionados.

DDR	TERRITORIO	MUNICIPIO	TIPO DE COLOR			
			BLANCO	AMARILLO	AZUL	ROJO
CALPULALPAN	CENTRO NORTE	TLAXCO	15	3	2	1
		ATLANGATEPEC	4	4	1	2
		E. ZAPATA	2	2	1	0
		MUÑOZ DE D. A.	2	0	1	2
		TETLA DE LA S.	2	0	1	0
		5	25	9	6	5
	PONIENTE	ESPAÑITA	10	1	4	1
		HUEYOTLIPAN	11	1	2	0
		CALPULALPAN	4	0	1	1
		3	25	2	7	2
HUAMANTLA	ORIENTE	ALTZAYANCA	11	3	0	1
		CUAPIAXTLA	13	2	1	1
		TEQUEXQUITLA	5	2	4	2
		HUAMANTLA	7	2	0	0
		TERRENATE	18	5	2	0
		5	54	14	7	4
TOTAL	3	13	104	25	20	11

Cuadro 2. Lista de accesiones de maíz nativo de la colecta realizada en el estado de Tlaxcala

NO. ACCESIÓN	MUNICIPIO	LOCALIDAD	COLOR	NO. ACCESIÓN	MUNICIPIO	LOCALIDAD	COLOR
1	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Blanco	81	Altzayanca	Santa Ma. Las Cuevas	Amarillo
2	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Blanco	82	Cuapiaxtla	Plan de Ayala	Blanco
3	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Blanco	83	Cuapiaxtla	Col. El Valle	Rojo
4	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Rojo	84	Cuapiaxtla	Col. El Valle	Blanco
5	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Blanco	85	Cuapiaxtla	Col. El Valle	Blanco
6	Calpulalpan	Santiago Cuauila	Azul	86	Cuapiaxtla	Ignacio Allende	Blanco
7	Tlaxco	La Martinica	Amarillo	87	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
8	Muñoz de Domingo A.	San J. Cuamatzingo	Blanco	88	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
9	Hueyotlipan	Santiago Tlalpan	Blanco	89	Terrenate	Nicolás Bravo	Azul
10	Hueyotlipan	Santiago Tlalpan	Blanco	90	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
11	Hueyotlipan	Santiago Tlalpan	Blanco	91	Terrenate	Nicolás Bravo	Amarillo
12	Hueyotlipan	Santiago Tlalpan	Blanco	92	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
13	Tlaxco	San José Atotonilco	Blanco	93	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
14	Tlaxco	San José Atotonilco	Blanco	94	Terrenate	Toluca De Guadalupe	Blanco
15	Españita	La Reforma	Blanco	95	Terrenate	Toluca De Guadalupe	Blanco
16	Españita	La Reforma	Rojo	96	Terrenate	Toluca De Guadalupe	Blanco
17	Españita	La Reforma	Blanco	97	Terrenate	Toluca De Guadalupe	Azul
18	Españita	La Reforma	Azul	98	Terrenate	Toluca De Guadalupe	Amarillo
19	Españita	Las Pilas	Azul	99	Terrenate	Terrenate	Blanco
20	Españita	Las Pilas	Blanco	100	Terrenate	Terrenate	Blanco
21	Huamantla	Benito Juárez	Blanco	101	Terrenate	Terrenate	Amarillo
22	Huamantla	Benito Juárez	Blanco	102	Terrenate	Terrenate	Blanco
23	Huamantla	Benito Juárez	Blanco	103	Terrenate	Terrenate	Blanco
24	Huamantla	Benito Juárez	Amarillo	104	Terrenate	El Capulín	Amarillo
25	Españita	San Juan Mitepec	Blanco	105	Terrenate	El Capulín	Blanco

26	Españita	San Juan Mitepec	Blanco	106	Terrenate	El Capulín	Blanco
27	Españita	San Juan Mitepec	Azul	107	Terrenate	El Capulín	Blanco
28	Españita	San Juan Mitepec	Blanco	108	Terrenate	El Capulín	Blanco
29	Españita	San Juan Mitepec	Blanco	109	Terrenate	El Capulín	Amarillo
30	Tlaxco	Buenavista	Blanco	110	Huamantla	H. Galeana	Blanco
31	Tlaxco	Buenavista	Blanco	111	Huamantla	H. Galeana	Blanco
32	Tlaxco	Buenavista	Azul	112	Terrenate	Villa Real	Blanco
33	Tlaxco	Buenavista	Blanco	113	Huamantla	R. El Molino	Blanco
34	Tlaxco	Buenavista	Amarillo	114	Altzayanca	San Juan Ocotitla	Blanco
35	Tlaxco	Buenavista	Blanco	115	Altzayanca	José María Morelos	Blanco
36	Cuapiaxtla	Col. J. M. Morelos	Blanco	116	Españita	La M. Cuextotitla	Amarillo
37	Cuapiaxtla	Col. J. M. Morelos	Blanco	117	Españita	La M. Cuextotitla	Blanco
38	Huamantla	R. De Torres	Blanco	118	Cuapiaxtla	San Fco. Cuexcontzi	Blanco
39	Huamantla	R. De Torres	Amarillo	119	Cuapiaxtla	San Fco. Cuexcontzi	Blanco
40	Españita	La Constanca	Azul	120	Cuapiaxtla	San Fco. Cuexcontzi	Blanco
41	Españita	La Constanca	Blanco	121	Cuapiaxtla	San Fco. Cuexcontzi	Blanco
42	Tlaxco	Lagunillas	Blanco	122	Cuapiaxtla	San Fco. Cuexcontzi	Amarillo
43	Tlaxco	Santiago Villalta	Amarillo	123	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Blanco
44	Tlaxco	Santiago Villalta	Rojo	124	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Azul
45	Tlaxco	Santiago Villalta	Blanco	125	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Azul
46	Tlaxco	Santiago Villalta	Azul	126	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Rojo
47	Tlaxco	Santiago Villalta	Blanco	127	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Azul
48	Hueyotlipan	Santa María Ixcotla	Blanco	128	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Amarillo
49	Hueyotlipan	San S. Xipetzingo	Blanco	129	El C. Tequexquitla	El C. Tequexquitla	Blanco
50	Hueyotlipan	San S. Xipetzingo	Amarillo	130	Cuapiaxtla	Col José María Morelos	Amarillo
51	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Blanco	131	El C. Tequexquitla	La Soledad	Blanco
52	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Blanco	132	El Carmen Tequexquitla	La Soledad	Rojo

53	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Blanco	133	El Carmen Tequexquitla	La Soledad	Azul
54	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Blanco	134	El Carmen Tequexquitla	La Soledad	Amarillo
55	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Blanco	135	El Carmen Tequexquitla	La Soledad	Blanco
56	Altzayanca	Felipe Carrillo Puerto	Amarillo	136	El Carmen Tequexquitla	La Soledad	Blanco
57	Hueyotlipan	Ejido Hueyotlipan	Blanco	137	Emiliano Zapata	Gustavo Díaz Ordaz	Blanco
58	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Blanco	138	Emiliano Zapata	Gustavo Díaz Ordaz	Azul
59	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Blanco	139	Emiliano Zapata	Gustavo Díaz Ordaz	Amarillo
60	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Azul	140	Emiliano Zapata	Gustavo Díaz Ordaz	Blanco
61	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Blanco	141	Emiliano Zapata	Gustavo Díaz Ordaz	Amarillo
62	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Azul	142	Tetla de la Solidaridad	Plan De Ayala	Blanco
63	Hueyotlipan	Hueyotlipan	Blanco	143	Tetla de la Solidaridad	Plan De Ayala	Blanco
64	Atlangatepec	San Pedro Ecatepec	Azul	144	Tetla de la Solidaridad	Plan De Ayala	Azul
65	Altzayanca	Nexnopala	Blanco	145	Terrenate	Nicolás Bravo	Blanco
66	Altzayanca	Sta Ma Las Cuevas	Blanco	146	Atlangatepec	Santa Clara Ozumba	Blanco
67	Altzayanca	Santa María Las Cuevas	Rojo	147	Tlaxco	Lagunilla	Blanco
68	Cuapixtla	Col. Delicias	Blanco	148	Atlangatepec	Agrícola San Luis	Amarillo
69	Cuapixtla	Col. Delicias	Blanco	149	Atlangatepec	Agrícola San Luis	Blanco
70	Altzayanca	Sta. María Pocitos	Blanco	150	Atlangatepec	Zumpango Parte Alta	Amarillo
71	Tlaxco	Graciano Sánchez	Blanco	151	Atlangatepec	Zumpango Parte Alta	Blanco
72	Muñoz de Domingo A.	Muñoz De Domingo A.	Rojo	152	Atlangatepec	Zumpango Parte Alta	Rojo
73	Muñoz de Domingo A.	Muñoz De Domingo A.	Blanco	153	Atlangatepec	Santa Clara Ozumba	Rojo
74	Muñoz de Domingo A.	Muñoz De Domingo A.	Rojo	154	Atlangatepec	Santa Clara Ozumba	Blanco
75	Muñoz de Domingo A.	Muñoz De Domingo A.	Azul	155	Atlangatepec	Santa Clara Ozumba	Amarillo
76	Atlangatepec	San P. Ecatepec	Amarillo	156	Tlaxco	Acopinalco del Peñón	Blanco
77	Cuapixtla	Col. Ignacio Allende	Blanco	157	Tlaxco	Acopinalco del Peñón	Blanco

78	Cuapiaxtla	Col. Ignacio Allende	Azul	158	Tlaxco	San A. Cuextotitla	Blanco
79	Altzayanca	Santa María Las Cuevas	Amarillo	159	Tlaxco	San A. Cuextotitla	Blanco
80	Altzayanca	Santa María Las Cuevas	Blanco	160	Españita	San Miguel Pipillola	Blanco

GENERO DE PRODUCTORES DONANTES

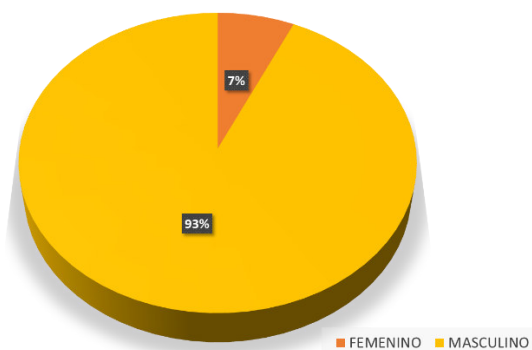


Figura 6. Genero de productores donantes.

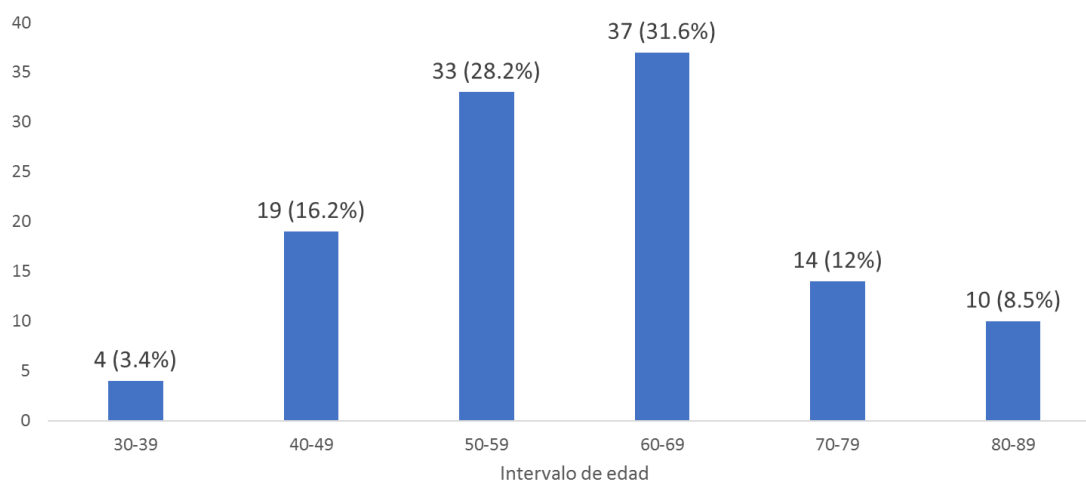


Figura 7. Intervalos de edad de los productores donantes de accesiones de maíz.

Identificación de las accesiones por razas de maíz:

Las 160 accesiones se identificaron por raza las cuales se presentan en la Figura 8 donde las razas con mayor número de accesiones fueron Cónicos, Elotes cónicos y Cónicos Norteños con 90, 30 y 26 que representan el 56.25, 18.75 y 16.25%, respectivamente, como lo reporta CONABIO, 2011.

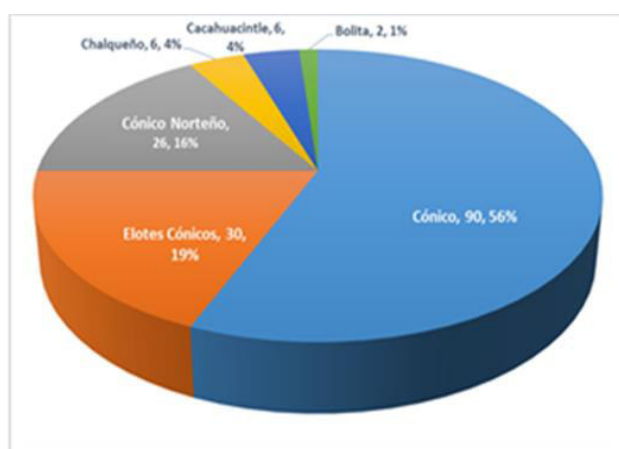


Figura 8. Distribución de razas de maíz nativo de la colecta de los territorios de Tlaxcala, 2023.

Conclusiones

1. Se definieron 3 territorios en condiciones agroclimáticas extremas que son: **Territorio 1 Oriente, Territorio 2 Centro norte y Territorio 3 Poniente.**
2. Los territorios identificados representan el 52.63% de la superficie total sembrada en la entidad con un rendimiento promedio (2011 a 2022) de 2.36 ton/ha que se practica con productores de edad entre 50 y 70 años con bajo nivel de innovación tecnológica,

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various stages of ripeness (yellow, orange, and brown) lying on a surface. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants standing next to a large pile of harvested cocoa pods. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting cocoa trees.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various stages of ripeness (yellow, orange, and brown) lying on a surface. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants standing next to a large pile of harvested cocoa pods. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various stages of ripeness (yellow, orange, and brown) lying on a surface. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants standing next to a large pile of harvested cocoa pods. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting cocoa trees.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various stages of ripeness (yellow, orange, and brown) lying on a surface. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants standing next to a large pile of harvested cocoa pods. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting cocoa trees.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

DEFOLIACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CHONTALPA, TABASCO

Fabiola Olvera-Rincón¹, Sergio Salgado-Velázquez², Samuel Córdova-Sánchez¹, David
Jesús Palma-López² y Raúl Castañeda-Ceja¹

Resumen

En la industria cañera en Tabasco se deben mejorar las prácticas agrícolas para elevar la productividad y rentabilidad a largo plazo del cultivo de la caña de azúcar. La poca mecanización del cultivo y la quema de caña de azúcar como una práctica común. Se puede aprovechar las hojas de la caña de azúcar. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la defoliación total del tallo de la caña de azúcar en el Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ). Para ello, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, donde los tratamientos de defoliación consistieron en eliminar las hojas completas del tallo hasta dejar la hoja +5 (H5). Los tratamientos de defoliación se aplicaron a los 8 (tratamiento 1), 9 (tratamiento 2) y 10 (tratamiento 3) meses de edad del cultivo más un testigo sin defoliación (tratamiento 4), con cinco repeticiones. Los parámetros de crecimiento fueron altura de planta y diámetro de planta, índice de área foliar (IAF), índice de vegetación de las diferencias normalizadas (NDVI) y número de tallos. Al momento de la cosecha, se midió la altura y diámetro de tallos, °Brix y rendimiento de la caña de azúcar. Se encontró que los parámetros de crecimiento y calidad del cultivar COLPOSCTMEX 06-039 fueron afectados por los tratamientos de defoliación total. Para los parámetros de crecimiento, de rendimiento y calidad de la caña de azúcar de caña de azúcar, se encontró que el tratamiento 2 mostró los mayores valores de altura y diámetro de planta, y menor NDVI, y los mayores valores de altura, diámetro y rendimiento de tallos al momento de la cosecha. Los °Brix no se vieron

¹ Universidad Popular de la Chontalpa – Cárdenas. Tabasco, México. *Autor de correspondencia: olvera.fabiola@colpos.mx

²Colegio de Postgraduados Campus Tabasco – Cárdenas. Tabasco, México

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Introducción

A nivel mundial, la caña de azúcar es cultivada en un amplio rango de condiciones topográficas y climáticas, los métodos de cosecha empleados son igual de diversos. En el pasado, las industrias del azúcar en muchos países incluido México, ante la necesidad de mejorar la productividad de la mano de obra y de la maquinaria, las orilló a realizar de manera indiscriminada la quema continúa de los cañaverales antes de la cosecha (Ortiz-Laurel *et al.*, 2012). En la industria de la producción de azúcar en Tabasco se deben mejorar las prácticas agrícolas para elevar la productividad y rentabilidad a largo plazo del cultivo de la caña de azúcar debido a la poca mecanización del cultivo y a la quema de caña de azúcar como una práctica común. Además, se ha reportado que la caña de azúcar quemada en el campo provoca muchas desventajas como lo son: una reducción de peso de tallo, microorganismos destruidos fácilmente, una rápida disminución del dulzor, un alto costo de producción de la planta, que la materia orgánica y la estructura del suelo se asolan y una disminución de la producción de azúcar (Cabrera y Zuaznábar, 2010; Salgado *et al.*, 2021; Sánchez *et al.*, 2021). Por ello, la maquinaria de defoliación de hojas puede resolver los problemas de la quema de la caña de azúcar y reducir los contaminantes. Entonces, para introducir la tecnología necesaria para defoliar las hojas de la caña de azúcar, surge la necesidad de evaluar técnicas de defoliación de las hojas en este cultivo con la finalidad de generar el conocimiento de la respuesta del cultivo sobre sus parámetros de calidad y rendimiento. En este sentido, la defoliación de las hojas de caña de azúcar ha demostrado ser una técnica capaz de elevar el contenido de sacarosa en los tallos, tal como lo reportado por Gutiérrez *et al.* (2004), donde se determinó que la defoliación mecánica de las plantas de caña de azúcar proporciona hojas que se pueden utilizar como forraje y que la concentración de sacarosa en los tallos de plantas defoliadas fue superior. Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la

defoliación de las hojas de caña de azúcar en diferentes etapas de cultivo y su respuesta sobre parámetros de calidad y rendimiento. Además, que los residuos de la defoliación que regresan al suelo son importantes para preservar la fertilidad y la sostenibilidad (Fortes *et al.*, 2012). De esta manera, se evita la quema de caña de azúcar y se incorpora material de la defoliación al sistema suelo.

Materiales y Métodos

Ubicación de la parcela experimental

La parcela se ubicó en el km 25 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos, en una soca del cultivar COLPOSCTMEX 06-039, la cual se estableció en surcos de 1.5 m., el experimento se llevó a cabo en la de zafra 2020-2021 entre los meses de abril a mayo del 2021.

Diseño experimental y tratamientos en estudio

Para generar los tratamientos, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, donde los tratamientos de defoliación consistieron en eliminar la hoja completa del tallo hasta dejar la hoja +5 (H 5), en este caso la numeración inicia de la hoja con la aurícula visible hacia abajo. Los tratamientos de defoliación se aplicaron a los 8, 9 y 10 meses de edad del cultivo más un testigo sin defoliación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de estudio.

Numero	Tratamiento	Fecha de aplicación (meses)
1	Defoliación total hasta H-5	8
2	Defoliación total hasta H-5	9
3	Defoliación total hasta H-5	10
4	Sin defoliación	

Los cuatro tratamientos se distribuyeron en el campo en un arreglo de bloques completos al azar con cinco repeticiones. La parcela experimental constó de seis surcos de ancho, que tenían 1.5 m entre cada uno, por 7 m de largo.

Variables de estudio A continuación, se presentan las variables de crecimiento (Figura 1) y de cosecha que se tomaron durante este estudio y sus tiempos de muestreo:

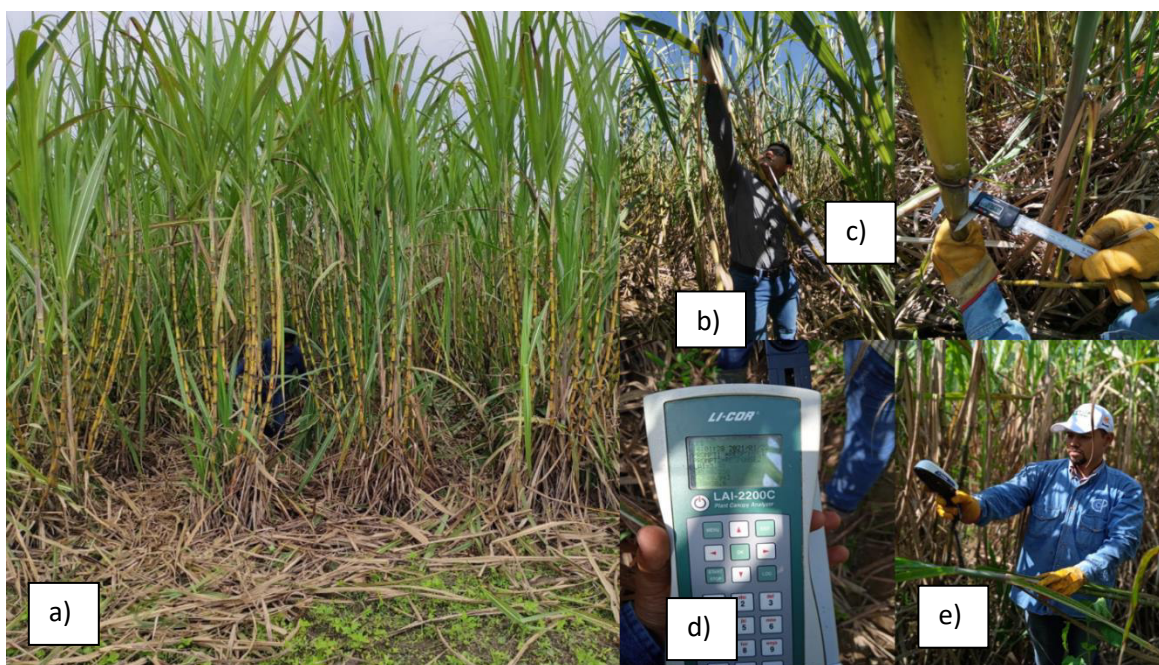


Figura 1. Defoliación en caña de azúcar (a); detalles de las mediciones de altura de planta (b), diámetro de tallo (c), índice de área foliar (d) e índice de vegetación de las diferencias normalizadas (NDVI, siglas en inglés).

Altura de planta (cm) y diámetro de tallos (mm). Se midió a los 8, 9, 10 y 11 meses en dos metros lineales por parcela. La altura se tomó de la base del tallo a la primera hoja con la lígula visible, con la ayuda de un flexómetro Marca Truper® de 5 m longitud. El diámetro del tallo se determinó con un vernier digital Marca Truper®.

Altura de tallo (cm). Se midió al momento de la cosecha (11 meses) en los dos surcos centrales de cada subparcela tomando al azar 10 tallos. La altura se tomó de la base del tallo

hasta la punta del tallo de la sección 8-10, con la ayuda de un flexómetro Marca Truper® de 5 m longitud.

Número de tallos. Se contó a los 8, 9, 10 y 11 meses después del corte en dos metros lineales por subparcela.

Índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI). Se midió el NDVI utilizando el sensor GreenSeeker handheld crop sensor, marca Trimble® (www.trimble.com/agriculture), a los 8, 9, 10 y 11 meses después del corte, en dos metros lineales por subparcela. En cada subparcela se realizaron 10 lecturas, colocando el sensor a 60 cm sobre el dosel del cultivo de caña de azúcar.

Índice de área foliar (IAF). Se midió al mes 9 de edad del cultivo, en dos metros lineales dentro de los dos surcos centrales de cada subparcela, utilizando el equipo LAI 2200C marca LICOR (Welles y Cohen, 1996).

Grados Brix (°Brix). Al momento de la cosecha, se determinó los °Brix con un refractómetro ATAGO de 0 a 90 °Brix en la parte central de cada tallo, seleccionando al azar 10 tallos en dos metros lineales de la parte central de cada subparcela.

Rendimiento final de materia seca. La cosecha se realizó a los 12 meses de edad del cultivo por la quema accidental de la plantación. Se contaron los tallos molederos en 10 m lineales para obtener el número de tallos por m lineal y posteriormente este valor, se multiplicará por 6666 que es la cantidad de m lineales ha⁻¹ de caña surcada a 1.5 m de distancia, para obtener el número de tallos ha⁻¹. Posteriormente se tomó una muestra aleatoria de 10 tallos, los cuales se pesaron con punta y sin punta para obtener el peso promedio de los tallos y de la punta (hojas). Para el rendimiento en toneladas de caña por hectárea (t ha⁻¹), se utilizó la ecuación 1:

$$Ren\ (tha^{-1}) = Ppt \times Ntha^{-1}$$

Donde: Ren= Rendimiento, Ppt= Peso promedio de tallos y $Ntha^{-1}$ = Número de tallos por hectárea.

Datos meteorológicos. Los datos de las normales climatológicas de temperaturas ($^{\circ}C$) máximas, mínimas y medias; precipitación (mm) y evaporación (mm) fueron obtenidos de la base de datos climatológica nacional (CLICOM). La estación corresponde al nombre de “Centro experimental W-75” con ubicación geográfica de 18.01° latitud norte y -93.63 de longitud este con una elevación de 12 m (CICESE, 2021). La serie de datos correspondió de 2020-2021.

Análisis estadístico. Todas las variables en estudio fueron sometidas a un análisis de varianza de bloques completos al azar, donde los tratamientos fueron las diferentes fechas de aplicación de la defoliación foliar hasta H 5 (8, 9, 10 meses) y un testigo (sin defoliación) con cinco repeticiones. Para aquellas variables donde se encontraron diferencias significancias entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se hicieron con el programa estadístico SAS 9.2 (SAS, 2013).

Resultados y Discusión

Efecto de la defoliación en el crecimiento

Número de tallos Para el número de tallos, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de defoliación. El CV fue de 20.4% y con una media general de 19.5 tallos/2 m lineales (Cuadro 2). Los tallos de caña de azúcar fueron surcados a un espaciamiento de 1.50 m considerados de baja población (Salgado *et al.*, 2013). El tratamiento 2 (defoliación 9 meses) mostró el mayor número de tallos y el menor en el tratamiento 4 (sin defoliación) con 20.70 y 18.30 tallos/ 2 metros lineales, respectivamente. Estos resultados son diferentes a los encontrados por Islam *et al.* (2016), quienes probaron diferentes intensidades de defoliación de hojas, donde el tratamiento de 40% de defoliación de hojas aplicado a los 7 meses de edad de cultivo produjo mayor número de tallos (24.8

tallos/2 m lineales). Por otra parte, se ha reportado que en condiciones tropicales de Tabasco se han registrado valores de número de tallos de 31 a 38 tallos/2 metros lineales en las variedades CP 72-2086 y Méx 69-290 a un espaciamiento de surcos de 1.3 m y donde el número de tallos se ha asociado al más rápido desarrollo del dosel de las variedades, con una reducción de la intercepción de luz de los estratos medios e inferiores del dosel, lo que afecta la producción de fotoasimilados para alimentar el crecimiento de los tallos, dándose la senescencia de los mismos (Salgado-Velázquez, 2019; Izquierdo-Hernández, 2021). La mortalidad de tallos en el cultivo de caña de azúcar se ha asociado con una mayor sincronía en el rebrote lo que resulta en una mayor competencia por nutrientes y agua, lo que los lleva a la senescencia (Vasanthan *et al.*, 2014). Entonces, la defoliación de las hojas viejas reduce la mortalidad de los tallos y mejora el rendimiento de la caña y la acumulación de azúcar (Miah y Sarker, 1982; Islam *et al.*, 2016).

Altura y diámetro de planta. En el Cuadro 2, se presentan los resultados del análisis de varianza y las comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) de los diferentes tratamientos de defoliación en estudio. Para altura de planta (cm), se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en estudio ($P \leq 0.05$). Se obtuvo un coeficiente de variación (CV) de 12.8%, el cual se considera bajo y una media general de 230 cm. En base a la comparación múltiple de medias de Tukey, se encontró que el tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) mostró la mayor altura de planta de 268.23 cm y la menor fue el tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses) con 213 cm. El tratamiento 3 representa un 22% más de aumento en altura de planta en comparación al tratamiento 4 (sin defoliación). Estos resultados difieren a lo reportado por Calderon-Amariles (2020), quien reportó que no se encontraron diferencias significativas en altura de planta entre los tratamientos de deshoje artificial y sin deshoje en el cv. CC 01-1940 en Valle del Cauca, Colombia.

Cuadro 2. Análisis de varianza y medias de Tukey de los diferentes tratamientos de defoliación en estudio y su efecto sobre los parámetros de crecimiento del cultivar COLPOSCTMEX 06-039.

Tratamiento	Núm. de tallos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	NDVI
1 Defoliación 8 m	19.20 a	219.53 b	23.38 a	0.69 b
2 Defoliación 9 m	20.70 a	213.0 b	23.93 a	0.71 ab
3 Defolicacion10 m	20.10 a	268.23 a	23.85 a	0.60 c
4 Sin defoliación	18.30 a	219.2 b	22.68 a	0.74 a
Media:	19.57	230	23.47	0.68
CV (%)	20.4	12.8	16.5	6.7
Prob. De F.	0.566NS	<0.001**	0.5817NS	<0.001NS
DMS	4.82	19.91	2.62	0.031

*: número de tratamiento; NS: no significativo; DMS: diferencia mínima significativa; Prob De F: probabilidad de F de Fisher al $P \leq 0.05$

Para diámetro de tallos, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en estudio. El CV fue de 16.5% con una media general de 23.47 mm. Los resultados de este estudio son similares a lo reportado por Calderon-Amariles (2020), quien encontró que el diámetro de tallo no se vio afectado por el deshoje a la edad de 7.5 meses en el cv. CC 01-1940. No obstante, Tariku (2020) reportó diferencias significativas en el diámetro de tallos entre diferentes tratamientos de defoliación y el testigo (sin defoliación). Asimismo, se ha reportado que variedades de caña de azúcar con alto grado de defoliación son características deseables en donde el diámetro de tallo fue significativo en comparación de variedades con bajo grado de defoliación (Huang *et al.*, 2018)

Efecto de la defoliación en el rendimiento y calidad de caña de azúcar

Altura y diámetro de tallos En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza y las comparaciones múltiples de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) de los diferentes tratamientos de defoliación al momento de la cosecha. Para altura de tallo, se encontraron efectos significativos entre los diferentes tratamientos de defoliación. El CV fue de 11.2%, el cual se considera bajo y con una media general de 24.5 cm. El tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses de edad) fue el que mostro una altura superior con un valor de 253.64 cm en

comparación de los demás tratamientos; y el menor fue el tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) a pesar haber presentado la mayor altura de planta (Cuadro 2). Lo anterior, sugiere que la proporción de la punta (sección 8-10) fue mayor en este tratamiento, eso explicaría la mayor altura de planta y la menor altura de tallo obtenida en este tratamiento. Para diámetro de tallos, no se encontraron diferencias significativas. El CV fue de 15.8% y con una media general de 23.52 mm. El tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses) mostró el mayor diámetro con 24.01 mm y el tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) el menor diámetro de 22.57 mm y menor altura de tallo.

Cuadro 3. Análisis de varianza y medias de Tukey de los diferentes tratamientos de defoliación en estudio y su efecto sobre los parámetros de rendimiento y calidad del cultivar COLPOSCTMEX 06-039.

Tratamiento	Altura de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	°Brix	Rendimiento (t ha ⁻¹)
1 Defoliación 8 m	242.80 ab	23.36 a	20.52 a	70.45 ab
2 Defoliación 9 m	253.64 a	24.01 a	20.28 a	83.11 a
3 Defolicacion10 m	232.72 b	22.57 a	20.74 a	66.28 b
4 Sin defoliación	244.98 ab	24.14 a	20.69 a	72.10 ab
Media:	243.53	23.52	20.55	72.98
C.V. (%)	11.2	15.8	8.9	11.6
Prob. De F.	<0.001**	0.138NS	0.598NS	<0.001**
DMS	14.16	1.93	0.95	15.91

DMS: diferencia mínima significativa; Prob De F: probabilidad de F de Fisher al $P \leq 0.05$

Grados Brix (°B). Para los °Brix, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de defoliación. El CV fue de 8.9% y con una media general de 20.55

°Brix. El mayor valor de °Brix se obtuvo en el tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) y el menor en el tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses). El tratamiento 3 fue el que presentó los menores valores de altura y diámetro de tallo. Los resultados encontrados en los °Brix en este estudio son similares a lo reportado por Calderon-Amariles (2020), donde no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos de defoliación y el control (sin defoliación). Por su parte, Tariku (2020) reportó que en los diferentes tratamientos de defoliación (30-60% de defoliación) aplicados en los intervalos de 9, 10 y 11 meses de edad en el cv. NCO-334 en Ethiopia, se presentaron diferencias significativamente diferentes, se registró un valor de 22.77 °Brix a los 11 meses de edad en contraste al testigo (sin defoliación) con un valor de 18.42 °Brix. Los resultados obtenidos se explican debido a que el dosel de las hojas juega un papel determinante al influir en las relaciones fuente-sumidero, ya que cualquier cambio en la actividad de la fuente (fotosíntesis) afecta el metabolismo del sumidero. La defoliación (eliminación de hojas) influye en el crecimiento y la capacidad fotosintética de las plantas, removiliza las reservas de carbono y nitrógeno y acelera el metabolismo del sumidero, lo que mejora las relaciones fuente-sumidero (Iqbal *et al.*, 2012). En nuestro caso, la defoliación no afectó a los °Brix y de acuerdo con los valores establecidos en México para definir jugos de buena calidad se requiere que los tallos presenten de 18-22 °Brix (Salgado *et al.*, 2013). Entonces, realizar la defoliación en las hojas de caña de azúcar puede contribuir en aumentar el suministro de nutrientes en el suelo por el aporte de los restos de la defoliación, asimismo, los restos de la defoliación pueden usarse como alternativas de producción de bioenergía. Además, la metodología propuesta de defoliación en la caña de azúcar se considera útil para facilitar la aireación dentro de la plantación (Figura 1a) y el aprovechamiento de la luz solar en las hojas activas para aumentar la productividad del cultivo, y mejorar las prácticas de cosecha el tener menos impurezas (Xie *et al.*, 2020).

Rendimiento de caña de azúcar. Para el rendimiento de la caña de azúcar (tha^{-1}) se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de defoliación en estudio (Cuadro 3). El CV fue de 11.6% y una media general de 72.98 tha^{-1} . En base a las comparaciones múltiple de Tukey, se determinó que el tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses) presentó el mayor rendimiento de tallos con un valor de 83.11 tha^{-1} , asimismo, este

tratamiento presentó las mayores alturas y diámetros de tallos. No obstante, fue donde se encontró el menor valor de °Brix. El tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) fue el que generó el menor rendimiento de tallos de 66.28 tha⁻¹, las menores alturas y diámetros de tallos y los mayores °Brix. Estos resultados indican que existe una proporción constante entre los parámetros de crecimiento (altura, diámetro y rendimiento de tallos) y que la concentración de sacarosa (°Brix) no es representativa de los carbohidratos necesarios para los parámetros de crecimiento (Gao *et al.*, 2017). Lo anterior se atribuye debido al momento en que se detiene el crecimiento de los tallos, se detiene la biosíntesis del ácido giberélico, pero no se afecta la fotosíntesis y es cuando empieza el aumento del contenido de sacarosa e inversamente durante el periodo de mayor crecimiento del cultivo se requiere fuentes de carbono para las actividades químicas y por ende el contenido de sacarosa es menor (Gutiérrez *et al.*, 2004; Gao *et al.*, 2017; Calderon-Amariles, 2020). Entonces, la respuesta de las plantas a la defoliación podría usarse para manipular las relaciones fuente-sumidero mediante la eliminación de hojas inferiores y senescentes para obtener la mayor capacidad fotosintética y un metabolismo eficiente del carbono y el nitrógeno en entornos óptimos y estresantes (Iqbal *et al.*, 2012).

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye que los parámetros de crecimiento y calidad del cultivar COLPOSCTMEX 06-039 en estudio es afectado por el momento de la defoliación total de las hojas de caña de azúcar, lo que se desglosa a continuación: Para los parámetros de crecimiento de caña de azúcar, se encontró que el tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses) mostro los mayores valores de altura de planta y diámetro de tallos, y menor NDVI. El número y diámetro de tallos no se vio afectado por los diferentes tratamientos de defoliación. El tratamiento 4 (sin defoliar) presentó los mayores valores de NDVI e IAF. Para los parámetros de rendimiento y calidad del jugo de la caña de azúcar, se encontró que el tratamiento 2 (defoliación a los 9 meses) presentó los mayores valores de altura, diámetro y rendimiento de tallos, y menor valor de °Brix. El tratamiento 3 (defoliación a los 10 meses)

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Gutiérrez, M.F.A., Morales-Torres, R., de Jesús Espinosa-Castañeda, Y., Rincón- Rosales, R., Montes-Molina, J., Oliva-Llaven, M.A., and Dendooven, L. 2004. Effects Of Partial Defoliation On Sucrose Accumulation, Enzyme Activity and Agronomic parameters In Sugarcane (*Saccharum* spp.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190: 256–261.

Huang, Y., Shang, H., Xu, Y., Jiang, H., Xu, S., and Zhang, M. 2018. Quantitative evaluation of variation in defoliation traits among sugarcane genotypes. Plos one, 13(5): e0196071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196071>

Iqbal, N., Masood, A., and Khan, N. A. 2012. Analyzing the significance of defoliation in growth, photosynthetic compensation and source-sink relations. Photosynthetica, 50(2): 161-170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0029-3>

Islam, M.J., Rahman, M.A., Uddin, M.J., Hossain, M.I., Al-Amin, H.M., Razzak, M.A., and Reza, M. 2016. Effects of artificial defoliation on yield and quality of sugarcane. Eco-friendly Agriculture, 9(7): 51-54.

Izquierdo-Hernández, J. 2021. Análisis del crecimiento de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Ingenio Santa Rosalía de la Chontalpa, Tabasco. Tesis de doctorado. Programa de doctorado en Ciencias Agrícolas en el Trópico (PRODOCAT). H. Cárdenas, Tabasco, México. 89 p.

Jain, R., Kulshreshtha, N., Shahi, H.N., Solomon, S., and Chandra, A. 2010. Effect of leaf stripping on cane and sugar yield in sugarcane. Sugar Tech, 12: 70-71. <https://doi.org/10.1007/s12355-010-0014-8>

Luo, J., Zhang, H., Deng, Z.H., Xu, L.P., Xu, L.N., and Yuan, Z.N. 2013. Analysis of yield and quality traits in sugarcane varieties (lines) with gge-biplot. Acta Agronomica Sinica, 27: 597-602.

Miah, M.A.S., and Sarker, M.A.A. 1982. Effect of artificial defoliation and stalks binding on the cane quality. Bangladesh J. Sugarcane, 4: 51-53.

Ortiz-Laurel, H., Salgado-García, S., Castelán-Estrada, M., y Córdova-Sánchez, S. 2012. Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(SPE4): 767-773.

Pammenter, N.W., and Allison, J.C.S. 2002. Effects of treatments potentially influencing the supply of assimilate on its partitioning in sugarcane. *Journal of Experimental Botany*, 53(366): 123-129. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.123>

Pinheiro Lisboa, I., Melo Damian, J., Roberto Cherubin, M., Silva Barros, P. P., Ricardo Fiorio, P., Cerri, C. C., and Eduardo Pellegrino Cerri, C. 2018. Prediction of sugarcane yield based on NDVI and concentration of leaf-tissue nutrients in fields managed with straw removal. *Agronomy* 8(9): 196. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8090196>

Salgado, G.S., Lagunes, E.L.C., Núñez, E.R., Ortiz, G.C.F., Bucio, A.L., y Aranda, I.E.M. 2013. Caña de azúcar: Producción sustentable. BBA, Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México, D.F. 520 p. ISBN: 9786077150916.

Salgado-García, S., Izquierdo-Hernández, J., Lagunes-Espinoza, L. del C., Palma-López, D. J., Córdova-Sánchez, S., Ortiz-Laurel, H., y Castelán Estrada, M. 2017. Consumo de nitrógeno por cultivares de caña de azúcar en Tabasco, México. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 49(1): 45–59. Recuperado a partir de <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCa/article/view/3102>

Salgado-Velázquez, Sergio. 2019. Dinámica de crecimiento de variedades de caña de azúcar en diferentes condiciones edáficas de la Chontalpa, Tabasco. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 88 p.

Sánchez, G. D. R. L., Bautista, F., Goguitchaichvili, A., López-Noverola, U., y Sánchez-Hernández, R. 2021. Efecto de la quema agrícola en un vertisol de Tabasco México: fosforo, pH y conductividad eléctrica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1): 26.

SAS Institute Inc. 2013. SAS 9.2. Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2004.

Tariku, K. 2020. Effect of Percent and Stage of Leaf Defoliation on the Quality of Sugarcane, at Arjo-Dedessa Sugar Factory, in Western Ethiopia. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 6(6): 7:13.

Vasanthan, S., Gupta C., y Shekinah D.E. 2014. Physiological studies on tiller production and its senescence in sugarcane-response comparison between plant and ratoon crops. Indian Journal of Agricultural Sciences, 84(1): 24-27.

Xie, L., Wang, J., Cheng, S., Zeng, B., and Yang, Z. 2020. Optimisation and dynamic simulation of a conveying and top breaking system for whole-stalk sugarcane harvesters. Biosystems Engineering, 197: 156-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.06.017>

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Resumen

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco – Cárdenas. Tabasco, México. *Autor de correspondencia: salgado.sergio@colpos.mx









diámetro y biomasa de tallos. Con los mapas generados de los índices de vegetación fue posible detectar variaciones temporales y espaciales en cuanto al estado de salud del cultivo. Se encontraron fuertes correlaciones (>80) entre los diferentes índices de vegetación. Asimismo, se reporta fuertes correlaciones entre los parámetros de calidad de jugos y NDVI, SAVI y GNDVI. Los hallazgos demuestran que los índices de vegetación permiten monitorear el cultivo de caña de azúcar.

Palabras clave: Sentinel 2, índices espectrales, imágenes multiespectrales, calidad de jugo, agricultura de precisión.

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo perenne con alta eficiencia fotosintética. Crece principalmente en regiones tropicales y subtropicales porque necesita alta temperatura y ambiente húmedo. La caña de azúcar tiene una larga temporada de crecimiento, alto rendimiento y altos ingresos. Además, es un importante cultivo de azúcar, cultivo comercial, cultivo de forraje y cultivo industrial (Salgado-Velázquez *et al.*, 2020). Las estadísticas muestran que la sacarosa representa alrededor del 70% de la producción mundial de azúcar. La caña de azúcar juega un papel importante en la producción de alimentos y energía en el mundo (Wang *et al.*, 2019). Los sensores remotos son una herramienta importante para generar datos de los campos agrícolas permitiendo el monitoreo espacial y temporal a grandes y pequeñas escalas. Las imágenes satelitales se emplean en la agricultura para detectar variaciones espectrales resultantes de las características del suelo y los cultivos respaldando el diagnóstico de los parámetros agronómicos de los cultivos y ayuda a los agricultores a tomar mejores decisiones de manejo agrícola (Salgado-García *et al.*, 2021; López-Castañeda *et al.*, 2022). La radiancia de las masas vegetales que finalmente detecta algún sensor se ve influenciada por tres factores: la reflectividad de la hoja (la presencia de pigmentos, la estructura celular y el contenido de humedad), las características geométricas de la planta (área foliar, la forma de la hoja y la geometría del dosel) y situación geográfica de la planta (pendiente, relieve, reflectividad del sustrato, condiciones atmosféricas, etc.) (Pérez y

Muñoz, 2017). Las curvas espectrales resultantes de la vegetación presentan un patrón particular, marcado por la baja reflectividad en el espectro visible, alta en el infrarrojo cercano y baja, con presencia de algunos máximos relativos en el infrarrojo medio (Chuvieco, 2019). Esas relaciones han permitido desarrollar diversos índices de vegetación como el NDVI, GNDVI, SAVI, entre otros. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue determinar la variación temporal de diversos índices de vegetación para el monitoreo de la maduración del cultivo de caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco, México.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Se encuentra localizado geográficamente entre los 18.204722° de latitud norte y a los - 93.533718° de latitud oeste dentro de la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ). El clima del área de estudio es cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano. La precipitación promedio anual es de 2356 mm, en los meses de febrero a mayo se presenta una temporada de sequía (<276 mm), la temperatura promedio es de 25.6°C. Los suelos predominantes son de las unidades Cambisoles, Vertisoles y Gleysoles (Salgado-Velázquez *et al.*, 2021). Las variedades en estudio son la Méx 58-821 y la Méx 79-431 con una superficie de 60.2 y 80.4 ha, respectivamente. El ciclo fue una resoca de la zafra 2021/2022.

Descarga de imágenes satelitales

Se adquirieron imágenes multispectrales del satélite de la misión Sentinel-2 que consiste en dos satélites: el Sentinel-2A y 2B. Los datos del Sentinel-2 (nivel 1C) vienen incluidas con correcciones radiométricas y geométricas que incluyen orto-rectificación y registro espacial de reflectancia en la parte superior de la atmósfera (TOA, siglas en inglés). Para la región de estudio se descargaron desde el servidor Copernicus Open de la Agencia Espacial Europea (ESA). Portal de Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), con una cobertura

de nubes menor al 20% (Rahman y Robson, 2020). Las fechas fueron de los meses de enero, febrero y marzo del 2022.

Procesamiento de imágenes satelitales

Las imágenes espectrales adquiridas de la misión Sentinel-2 fueron procesadas en el software Quantum GIS (Qgis) geographic information system (Qgis, 2016). Este procesamiento consistió en una corrección radiométrica y una corrección atmosférica. Esto con la finalidad de descartar píxeles de imagen sombra o datos incorrectos (los píxeles que son muy diferentes a los píxeles circundantes, tal vez debido a nubes, sombras de nubes o cualquier otro efecto atmosférico) sobre las regiones de cultivo de caña de azúcar (Casella *et al.*, 2018; Paz, 2018).

Cálculo de índices de vegetación (IVs)

Los índices de vegetación fueron determinados en la calculadora Raster del software Quantum Gis (Qgis, 2016) para generar los mapas del área de estudio en donde se mostraron los valores de los índices de vegetación de las parcelas cañeras (Veysi *et al.*, 2020). A continuación, se presentan los algoritmos correspondientes de los IVs en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de los índices de vegetación (IVs).

Índice de vegetación	Algoritmo	Referencia
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	Tucker, 1975
SAVI	$SAVI = \frac{(NIR - R) * 1.5}{(NIR + R) + 0.5}$	Huete, 1988
EVI	$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - R)}{NIR + 6 + 7.5B + 1}$	Huete <i>et al.</i> , 2002
GNDVI	$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G}$	Gitelson <i>et al.</i> , 1998
GCI	$GCI = \frac{NIR}{G} - 1$	Gitelson <i>et al.</i> , 2003
RECI	$RECI = \frac{NIR - R}{G} - 1$	Gitelson <i>et al.</i> , 2005

*NIR=infrarrojo cercano, R= rojo, G= verde, B= azul de las bandas espectrales del Sentinel-2.

Muestreo de calidad de jugos de caña de azúcar

A los 9, 10 y 11 meses de edad del cultivo de caña de azúcar, se tomaron 6 muestras por cada parcela generando 48 muestras mensualmente para su análisis. La muestra consistió en tomar

en dos metros lineales 10 tallos de caña de azúcar. La toma de muestras se realizó en la mañana entre 9-10 am.

Datos meteorológicos

Se tomaron de la estación climatológica Wacht Dog 2900 ET más cercana a cada sitio, donde se colectaron los datos de temperatura del aire, precipitación, evaporación, humedad relativa y radiación solar.

Procesamiento estadístico

Se realizó el análisis exploratorio de los datos con el enfoque de la estadística clásica para todas las variables en estudio y se determinaron las medidas de tendencia central y dispersión (media, mediana, moda, rangos y pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk). Se elaboraron gráficos de cajas y bigotes (boxplots) entre los índices de vegetación, bandas espectrales y parámetros de calidad de jugos para revelar tendencias. Por último, se corrió la matriz de correlación de Pearson entre todas las variables. Todos los procedimientos se hicieron en Rstudio.

Resultados y Discusión

Análisis exploratorio

En la Figura 1, se presentan los boxplots de los variables en estudio. Se visualiza que los grados brix (B°), sacarosa (%), fibra (%) y pureza (%) aumentan sus valores desde los 8 hasta los 10 meses de edad. Se observa que Mex 58-821 alcanza los mayores valores en la mayoría de los parámetros de calidad de jugos que Mex 79-431. Asimismo, los azúcares reductores (%) presentan una disminución de sus valores en ambas variedades (Figura 1). Lo anterior, se explica cuando decrece el contenido de humedad en los tallos durante la maduración y la deshidratación conduce a la conversión de los azúcares reductores, como fue el caso de ambas variedades (Khan *et al.*, 2022). Es deseable para la comercialización de tallos molederos tengan valores altos de °Brix y Pureza. Sin embargo, si se compone excesivamente de

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.



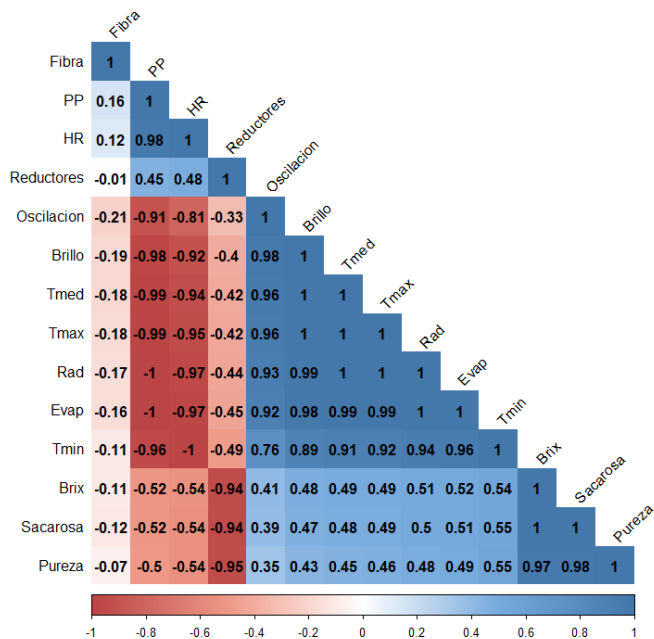


Figura 2. Matriz de correlación de Pearson entre parámetros de calidad de jugo de caña y variables climáticas.

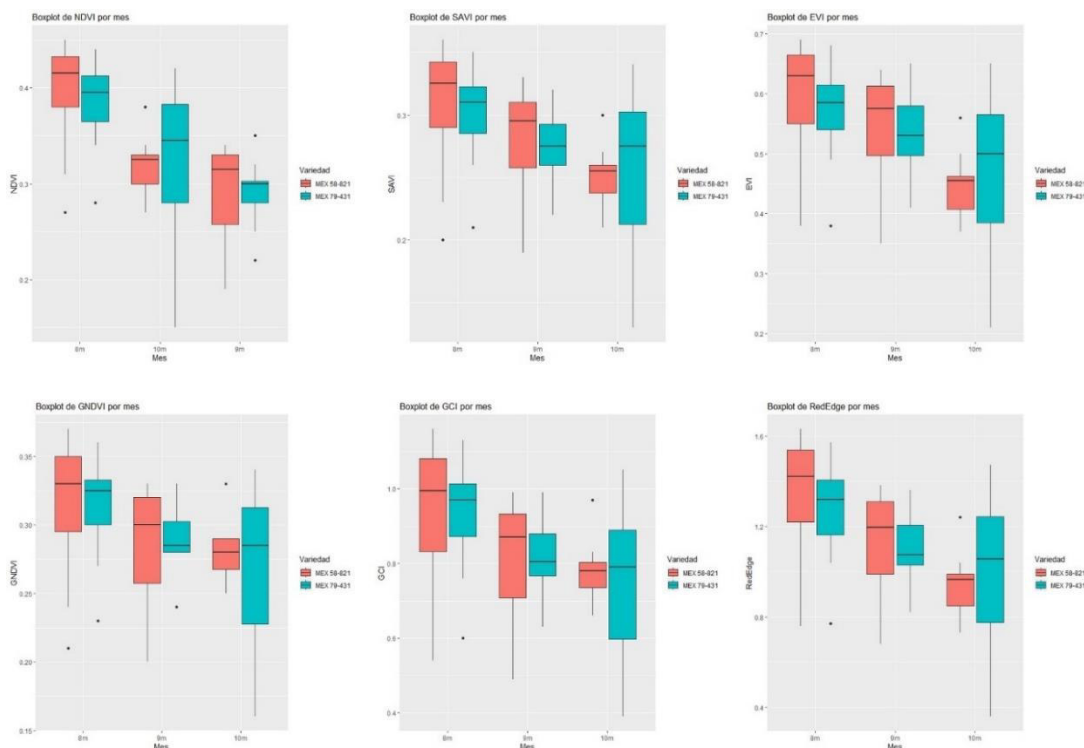


Figura 3. Boxplots de los índices de vegetación en estudio.

En la Figura 3, se presentan los boxplots que muestran la variación temporal de los valores de los diferentes índices de vegetación (IVs) en estudio. Se deduce que, Mex 58-821 comienza con mayores valores en los IVs pero al último mes bajan.

En la Figura 4, se muestra la matriz de correlación de Pearson entre los parámetros de calidad de jugo de caña, índices de vegetación y bandas espectrales. Se encontró que los IVs presentan correlaciones débiles entre los parámetros de calidad de jugo de caña de azúcar (<0.40). Por otra parte, se encontraron correlaciones altas entre los IVs, siendo el índice de vegetación de la diferencia normalizada verde (GNDVI, siglas en inglés), ajustado al suelo (SAVI, siglas en inglés) y de clorofila verde (GCI, siglas en inglés) los que presentaron las mayores correlaciones entre ellos y entre los demás índices de vegetación (>0.95) y mayor correlación (>0.85) con la banda 8 del infrarrojo cercano del Sentinel 2 (Soltanikazemi *et al.*, 2022).

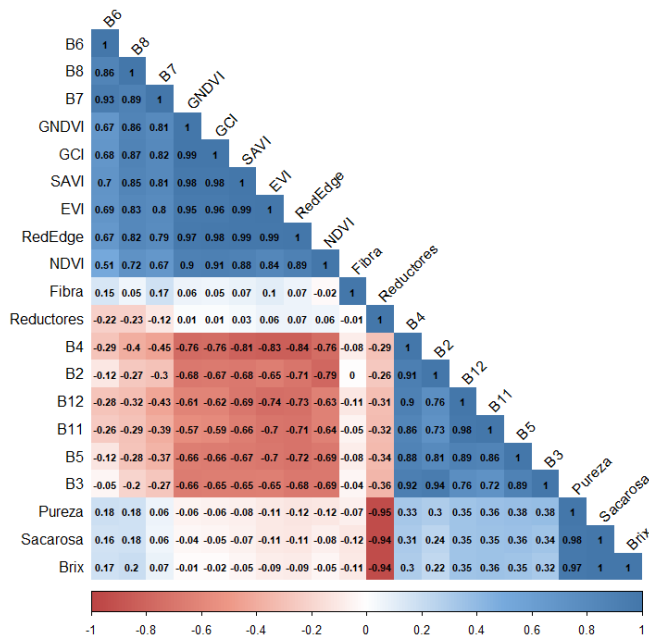


Figura 4. Matriz de correlación de Pearson entre los parámetros de calidad de jugo de caña, índices de vegetación y bandas espectrales.

Análisis temporal de los índices de vegetación en caña de azúcar

Las imágenes multispectrales del Sentinel 2, permitieron estimar todos los índices de vegetación en estudio (Figura 5 y 6) con una resolución espacial de 10 m. Todos los índices de vegetación permitieron diferenciar áreas con tejido sano y áreas con tejido no vigoroso. En la Figura 5, se presentan los índices de vegetación de las diferencias normalizadas (NDVI, siglas en inglés), ajustado al suelo (SAVI, siglas en inglés) y de la diferencia normalizada verde (GNDVI, siglas en inglés) en la zona de estudio. Se observa que los índices de vegetación detectan las mismas zonas de valores bajos y altos en el cultivo de caña de azúcar y el GNDVI presenta menores valores de salud para el cultivo de caña de azúcar (Rueda Calier *et al.*, 2015). El NDVI presento las menores correlaciones con los demás índices de vegetación, esto, debido a que NDVI, se satura con poca cantidad de clorofila y caña de azúcar es un cultivo con densa biomasa vegetal (Rubio *et al.*, 2020).

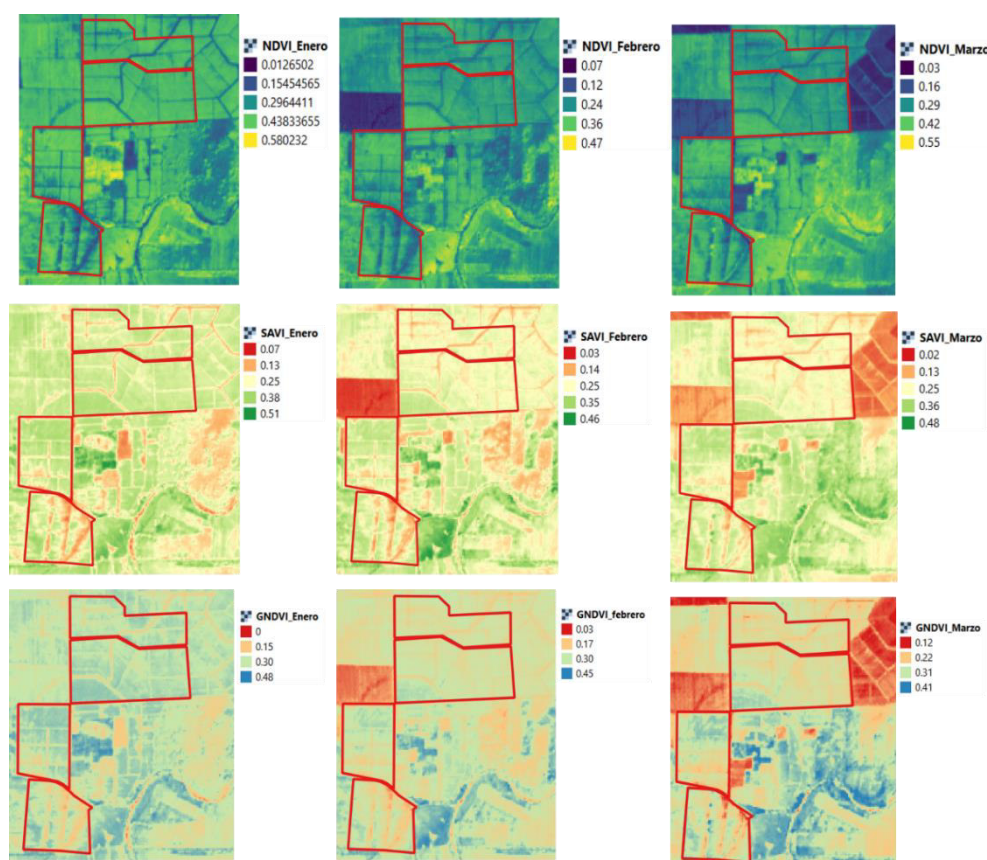


Figura 5. Variación temporal de los índices de vegetación de las diferencias normalizadas (NDVI, siglas en inglés), ajustado al suelo (SAVI, siglas en inglés) y de la diferencia normalizada verde (GNDVI, siglas en inglés) en la zona de estudio.

En la Figura 6, se presentan los índices de vegetación de clorofila verde (GCI, siglas en inglés), mejorado (EVI, siglas en inglés) y de clorofila del infrarrojo medio (RECI, siglas en inglés) en la zona de estudio. Varios estudios han demostrado que EVI es más efectivo para detectar y monitorear variaciones de biomasa vegetal que NDVI (de Souza *et al.*, 2015; Dong *et al.*, 2017). De Oliveira *et al.* (2023) encontraron que EVI era mejor que NDVI para estimar la producción primaria bruta en vegetación de alta densidad, como bosques y cultivos perennes. De igual forma, todos los índices de vegetación de la Figura 6, disminuyen sus valores desde enero a marzo 2022, periodo donde ocurre la maduración de la caña de azúcar. Los índices de vegetación están directamente relacionados con la producción de biomasa, LAI y la cobertura del suelo. Por lo tanto, estos índices cambian con el tiempo y se ven afectados por la fenología y el desarrollo del cultivo (Antunes *et al.*, 2015), la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo y las condiciones climáticas (Mondal, 2011). Cuanto mayor sea la diferencia en los valores de los índices de vegetación entre las parcelas, mejor podrán estos índices distinguir entre zonas, como fue el caso de la variedad Mex 58-821 que presentó mayores valores de brix (Figura 1) y mayores valores en los índices de vegetación, que al final de temporada fueron menores (Figura 3, 5 y 6) que Mex 79-431 (De Oliveira *et al.*, 2023).

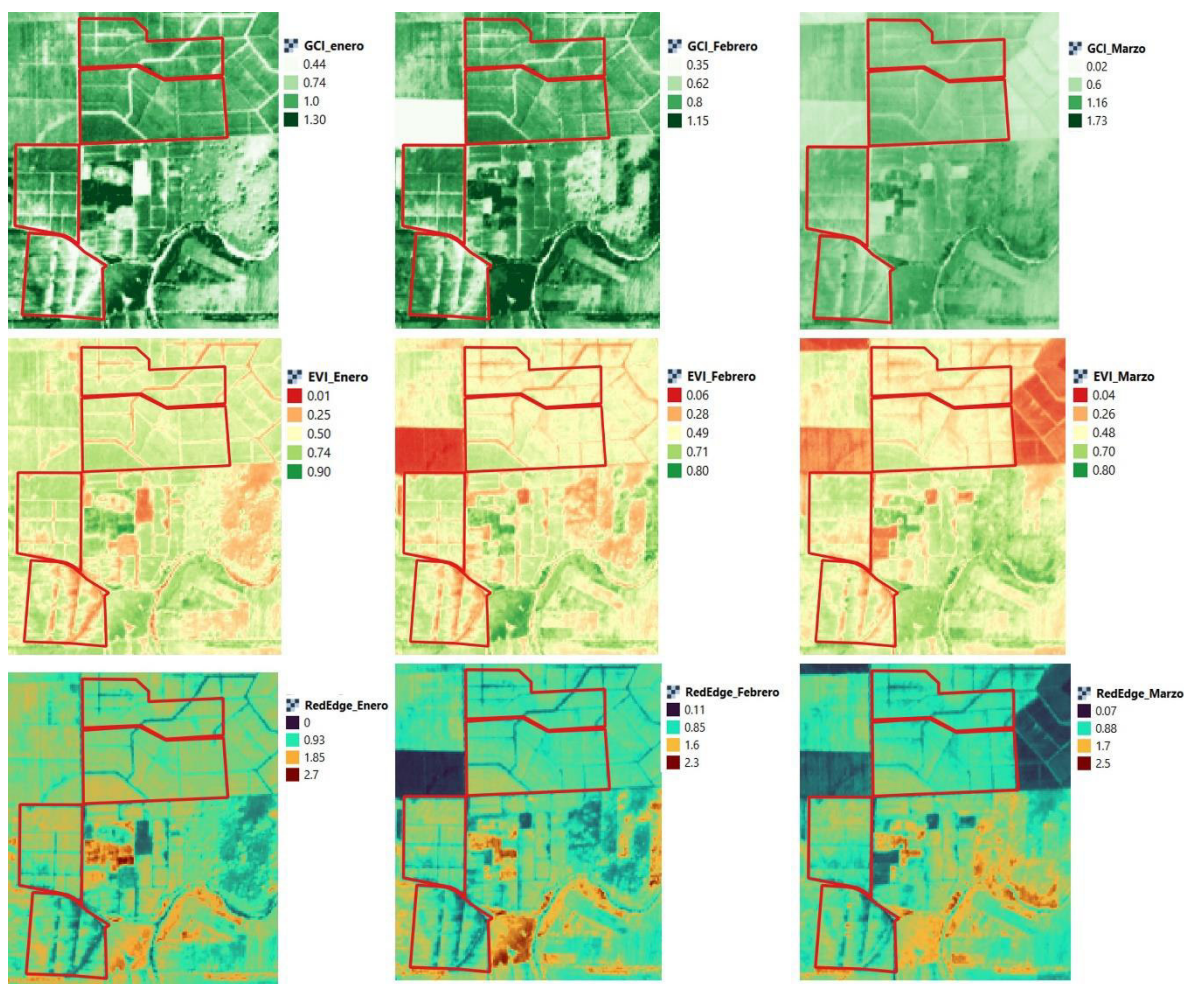


Figura 6. Variación temporal de los índices de vegetación de clorofila verde (GCI, siglas en inglés), mejorada (EVI, siglas en inglés) y de clorofila del infrarrojo cercano (RECI, siglas en inglés) en la zona de estudio. a.

En relación con los índices de vegetación que estiman contenidos de clorofila como el GCI y el RECI, se encontraron valores de 1.3 y 2.7 $\mu\text{g ml}^{-1}$, resultados que son inferiores a lo reportado por Salgado-Velázquez (2019), que encontró valores de 3.5 a 4.7 $\mu\text{g ml}^{-1}$ a final de temporada en campos cañeros con buena fertilización de la Chontalpa, Tabasco y donde la tendencia temporal es similar en los últimos tres meses donde decae el contenido de clorofila. Además, que los grados brix fueron mayores en el rango de 14 a 19.

Conclusiones

El uso de imágenes espectrales del Sentinel 2 permiten monitorear el cultivo de caña de azúcar. Los índices de vegetación permiten monitorear los procesos fisiológicos que ocurren en la maduración del cultivo de caña de azúcar, detectando un descenso en sus valores desde tres meses antes de la cosecha, lo cual marca el inicio del proceso de maduración de tallos de caña de azúcar. Antes de la maduración del tallo, debe ocurrir un retardo en su tasa de crecimiento, lo cual lo favorece las bajas temperaturas y periodos de sequía (correlaciones altas), aunado a eso, una humedad relativa baja favorece la concentración de sacarosa. Se encontraron fuertes correlaciones entre los diferentes índices de vegetación y variables climáticas. Los boxplots permitieron detectar asociaciones entre parámetros de calidad de jugos de caña de azúcar y los índices de vegetación desde los 8 hasta 10 meses de edad en las variedades Mex 58.821 y Mex 79-431. Los mapas de los índices de vegetación pueden ser una herramienta útil para rediseñar los muestreos de calidad de jugos.

Literatura Citada

- Antunes, J. F. G., Lamparelli, R. A. C., y Rodrigues, L. H. A. 2015. Avaliação da dinâmica do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo por meio de perfis temporais de dados Modis (Evaluation of the dynamics of sugarcane cultivation in the state of São Paulo using temporal profiles of Modis data). Engenharia Agrícola, 35: 1127–1136. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1127-1136/2015>
- Casella, A., Barrionuevo, N., Pezzola, A., Winschel, C., y Aires, E. H. A. C. B. 2018. Preprocesamiento de imágenes satelitales del sensor sentinel 2A y 2B con el software SNAP 6. 0. Instituto de Clima y Agua. CIRN INTA Castelar, 1-31.
- De Oliveira Maia, F. C., Bufon, V. B., y Leão, T. P. 2023. Vegetation indices as a Tool for Mapping Sugarcane Management Zones. Precision Agriculture 24(1): 213-234. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-022-09939-7>

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Salgado-Garcia, S., Salgado-Velázquez, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Cordova-Sanchez, S., Rincon-Ramirez, J. A., and Hernández-Nataren, E. 2021. Soil fertility classification for sugarcane in supply areas of a sugar mill. AGROProductividad, 14(10). DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i10.1703>

Soltanikazemi, M., Minaei, S., Shafizadeh-Moghadam, H., & Mahdavian, A. 2022. Field-scale estimation of sugarcane leaf nitrogen content using vegetation indices and spectral bands of Sentinel-2: Application of random forest and support vector regression. Computers and Electronics in Agriculture 200: 107130. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107130>

Veysi, S., Naseri, A. A., y Hamzeh, S. 2020. Relationship between field measurement of soil moisture in the effective depth of sugarcane root zone and extracted indices from spectral reflectance of optical/thermal bands of multispectral satellite images. Journal of the Indian Society of Remote Sensing 48(7): 1035-1044. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01135-2>

DISTANCIA DE SIEMBRA Y GRADOS DÍAS DE CRECIMIENTO EN *Helianthus annuus* L. PARA USO ORNAMENTAL

José Luis Del Rosario-Arellano^{1*}, Wilbert Díaz-de Dios², Alendi Castillo-Rosete¹, Guadalupe Herrera-Vázquez¹, Joaquín Murguía-González¹, Otto Raúl Leyva-Ovalle¹, Pablo Andrés-Meza¹, Julio Díaz-José¹, Miguel Merino-Valdez¹, Miguel Cebada-Merino¹ y Viridiana Borbonio-Fernández³

Resumen

El girasol (*H. annuus* L.) es una planta ampliamente valorada para uso ornamental, cual se siembra en una gran diversidad de condiciones climáticas. Para potencializar su cultivo, es indispensable implementar estrategias de manejo agronómico, así como definir el momento idóneo para la siembra y cosecha. El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de la densidad de siembra en la calidad ornamental de girasol, así como los grados día de crecimiento (GDC) al inicio de la floración. El 13 de mayo del 2023 se estableció el híbrido de girasol Vincent Choise bajo condiciones de temporal en la localidad de Tuxpanguillo, Veracruz, México. Su cultivo se manejó a 20, 30 y 50 cm entre planta y planta, bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Al inicio de la floración se midió el diámetro y la altura del tallo; número, largo y ancho de la hoja; diámetro del capítulo y largo del peciolo. La producción de flor se realizó mediante diferentes categorías comerciales. Los datos de las variables agronómicas se sometieron a un ANOVA y análisis de medias (Tukey, $p < 0.05$) con el software estadístico R. No se encontraron diferencias al someter el cultivo a las distancias de siembra 20, 30 y 50 cm, sin embargo, a 20 cm se apreció una mayor producción de girasol de calidad selecto para el tamaño de capítulo y largo del tallo con 22.73 %. Por otro lado, se necesitan acumular 1 067 grados día al inicio de la floración (65 dds). En conclusión, es posible incursionar con este cultivo en el sitio de experimentación, sin embargo, es preciso

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. jdelrosario@uv.mx

² División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco, México.

³ Colegio de Posgraduados, campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

analizar ciertas labores agrícolas para mejorar la calidad productiva del girasol, en tanto, se recomienda la implementación de 20 cm entre planta y planta para las condiciones de Tuxpanguillo.

Palabras clave: Girasol, ornamental, capítulos florales, Vincent Choise

Introducción

El girasol es una planta originaria de México y parte del suroeste de Estados Unidos, desde hace 2600 a. C. fue utilizada como ornamental (SNICS, 2017). Esta especie pertenece a la familia Asteraceae, en específico el género *Helianthus*, cual se caracteriza por una raíz pivotante, fibrosa y fuerte (García, 2019), con dos tipos de flores situadas en el receptáculo, las flores liguladas y tubulares (Díaz, 2017), aunque también esta inflorescencia recibe el nombre de capítulo, con diámetros que varían entre 2 a 40 cm bordeada de brácteas involucreales en forma de escamas (Melgares, 2018).

Aunque no hay estadísticas de producción para flor de corte, Rusia destaca como el principal productor de semillas de girasol, seguido de Ucrania, en tanto, según las cifras nacionales, en México existe una producción de flor gruesa, con 291 720 toneladas, resaltando como principal productor a Baja California, Morelos y Estado de México, aunque también se cultivan otras especies ornamentales como: palma abanico (*Washingtonia filifera*), helechos (*Nephrolepis cordifolia*), perritos (*Antirrhinum majus*), crisantemos (*Dendranthema x grandiflorum*), terciopelo (*Celosia cristata*), entre otros (Tlahuextl y Ávila, 2015).

La planta se cultiva entre 40°S y 55°N, en elevaciones de hasta 2600 msnm en los trópicos, desarrollándose mejor por debajo de los 1 500 msnm, con fotoperíodos menores a 12 horas. En cuanto a las condiciones climáticas, requiere de temperaturas que oscilan entre los 17 a 34 °C, y una precipitación de 600 a 1000 mm anuales (FAO, 2022). La importancia de la temperatura es que esta tiene una reacción positiva en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la cual es posible expresarla en diferentes indicadores como la suma de unidades térmicas o los grados-día (Velázquez, 2018), técnica que permite analizar la mejor época del año para la siembra de cultivos y determinar cuándo pueden ocurrir las diferentes etapas fenológicas, también se ha empleado para calcular el desarrollo biológico de cultivos y

organismos, el monitoreo de insectos e incluso para calcular el tiempo de desarrollo basado en rangos de temperatura (Barrios, 2022): y es que la calidad del girasol como planta de ornato puede ser afectada por varios factores que abarcan desde condiciones de crecimiento e incluso el manejo del cultivo, como la elección de la variedad y la densidad apropiada para mantener la mejor calidad ornamental. De esta manera es interesante conocer las condiciones de crecimiento óptimas para este cultivo, así como pronosticar de manera técnica la fecha óptima para la cosecha (Martínez, 2022).

Cabe destacar que la región de “Las Montañas” no hay registros sobre la vocación para el cultivo de girasol para flor de corte, en tanto la investigación sobre el análisis de las condiciones climáticas, el manejo agronómico y el cálculo de los GDC nos permitirá tomar mejores decisiones agrícolas, así como abrir pauta para cosechar en el momento óptimo de demanda, lo que resultará en mejores ganancias económicas por la venta de este bien. De esta manera, el objetivo de la investigación fue analizar el efecto de la densidad de siembra en la calidad ornamental de girasol híbrido Vincent Choise (*Helianthus annuus* L.) así como los GDC en la localidad de Tuxpanguillo, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El experimento se realizó a cielo abierto en la localidad de Tuxpanguillo, municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz, México. Este se encuentra a una latitud norte 18.78° y longitud oeste -97.01, a una altitud de 794 msnm (Figura 1). La precipitación ocurre tanto en verano como en invierno, con un valor de 796 mm distribuidos en 263 días. Tiene una temperatura media anual de 22 °C, y una humedad relativa promedio del 77 % (Pueblos de América, 2022).

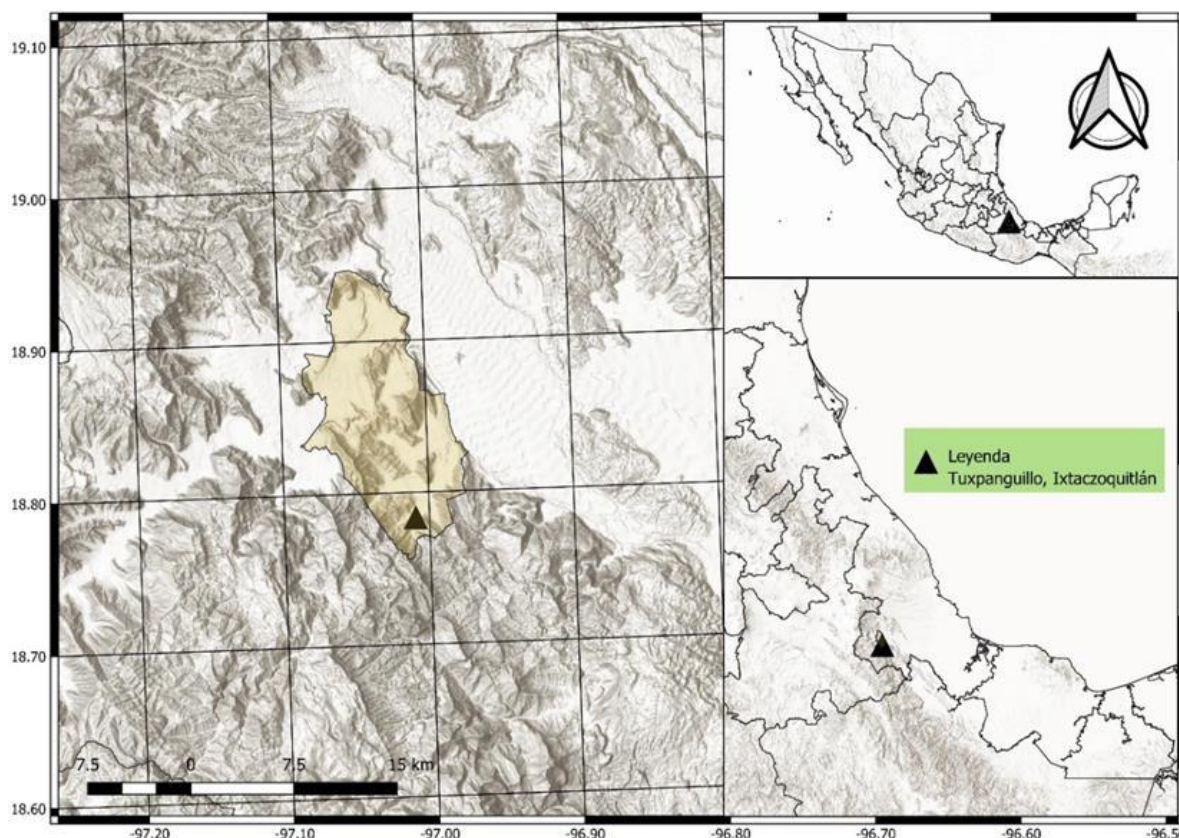


Figura 1. Ubicación del experimento.

Manejo del experimento

Se realizó un chapeo manual, seguido de una preparación mecánica del suelo, que consistió de un paso de rastra y arado de discos para la elaboración de los surcos. La siembra se llevó a cabo el 14 de mayo de 2023 (previo se aplicó un riego por inundación), depositando una semilla del híbrido Vincent Choice por hoyo en tres distancias, en este caso a los 20, 30 y 50 cm entre planta y planta.

Se llevaron a cabo dos riegos de auxilio debido a las altas temperaturas. El control de malezas se hizo manualmente cada 20 días. Se fertilizó con 10 g de DAP (18-46-0) directamente al suelo a los 15 días después de la siembra (dds), además se aplicó Flora Fruit, Nutri Flowers y Nutri ADH durante el ciclo del cultivo. Se siguió un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, las cuales consistieron en parcelas de tres surcos con 5 m de largo.

$$GDC = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

GDC= grados día de crecimiento

Tmax= temperatura máxima

Tmin= temperatura mínima

Tbase= temperatura base

Para obtener los datos diarios de temperatura máxima y mínima se recurrió a la información contenida en la página de la NASA <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (NASA, 2024). Asimismo, se descargó la información de la precipitación, para evidenciar el comportamiento del clima en la zona de estudio.

Resultados y discusión

Condiciones climáticas

En la localidad de Tuxpanguillo, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México (Figura 2), a partir del 14 de mayo al 17 de julio del 2023 se presentó una temperatura media de 23.7 °C, con promedio máxima y mínima de 29.09 y 18.31 °C respectivamente. Bajo estas condiciones, se observó que no se alcanzaron temperaturas absolutas que ocasionaran daños a las plantas de girasol, en este aspecto se ha dicho que los requerimientos óptimos de temperatura se ubican entre los 17 y 34 °C (FAO, 2024). En tanto, temperaturas de entre 13 a 17 °C el desarrollo del cultivo es lento con probabilidad de deformaciones en la planta, mientras con temperaturas medias diarias menores a 20 °C y mayores de 40 °C induce a problemas en los granos de polen y con ello la pérdida de receptibilidad en el estigma, que, para el caso de las variedades para la cosecha de grano, dicho suceso provocaría disminución de la productividad. Por otra parte, para lograr una óptima germinación, se requiere como mínimo 7 °C (Ávila, 2014). En cuanto a la precipitación acumulada en este periodo fue de 232.98 mm, distribuidos de la siguiente manera 26.8, 144.09 y 62.09 mm en los meses de mayo, junio y julio respectivamente, por tanto una limitante para el óptimo desarrollo del cultivo es probablemente la cantidad de lluvia, puesto la planta exige entre 500 a 1500 mm durante su periodo de crecimiento, siendo 300 mm la mínima absoluta según lo reportado por la FAO (2024) y López-Rocha *et al.*, (2018), no obstante, se ha reportado el cultivo en lugares con apenas 250 mm (Purseglove, 1987); y es que, tanto la temperatura promedio del cuatrimestre

más seco, la altitud y el régimen de lluvia se consideran variables predictoras que mejor contribuyen en la determinación de zonas potenciales para el cultivo de girasol (López-Rocha *et al.*, 2018). De esta manera, es preciso el uso de técnicas agrícolas para mejorar la productividad del cultivo, entre ellas el empleo de riego, o la siembra en la temporada en que inicia las lluvias en la zona de estudio.

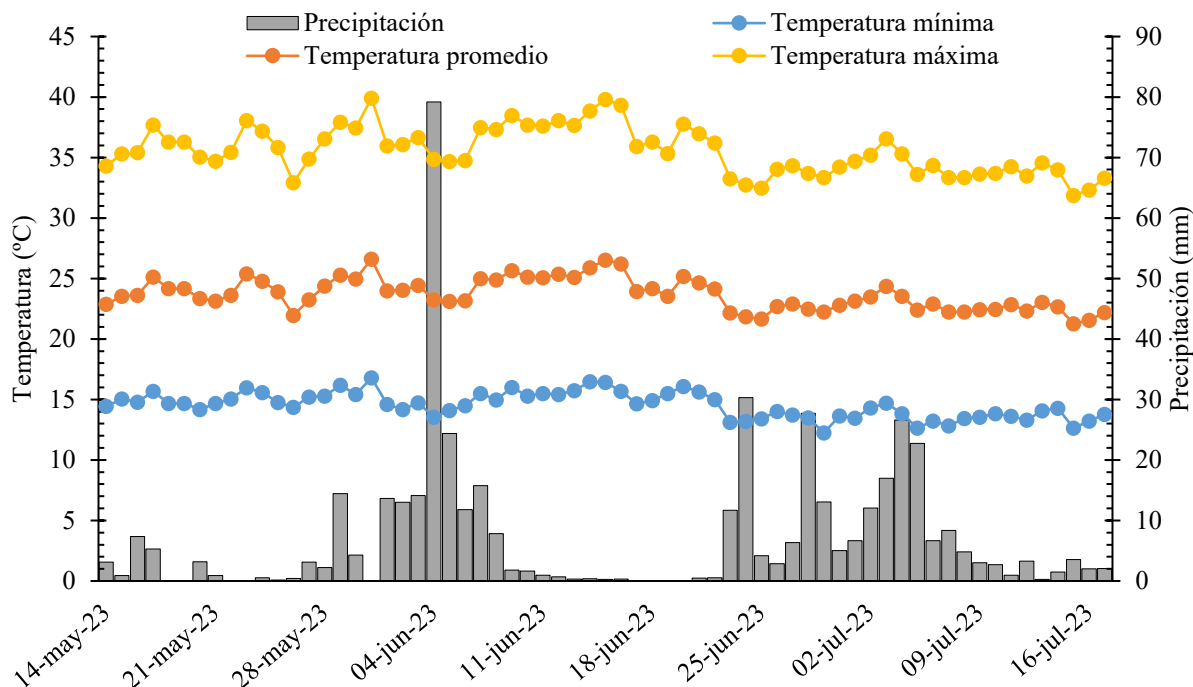


Figura 2. Comportamiento de la temperatura y precipitación de la localidad de Tuxpanguillo, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México (mayo-julio 2023).

Análisis de varianza de las variables agronómicas

El análisis de varianza (ANOVA) demostró que no existen diferencias al someter el cultivo de girasol híbrido Vincent Choice a las distancias de siembra 20, 30 y 50 cm ($p>0.05$), en tanto los coeficientes de variación se ubicaron entre 16.64 a 23.04% (Cuadro 2), lo que demuestra confiabilidad en los datos (Castillo, 2007). De lo anterior, el no encontrar diferencias acordes con las distancias de planta, sugiere que es posible manejar la planta a 20 cm, lo cual se traduciría en una mayor cantidad de flores por unidad de superficie, sin afectar el comportamiento morfo-agronómico.

Cuadro 2. Análisis de varianza de variables agronómicas en girasol (*Helianthus annuus* L.).

Fuente de variación	G.L.	DTAL	ALPLA	NHOJ	LHOJ	AHOJ	DCAP	LPEC
		L						
		cm	cm		cm	cm	cm	cm
Distancia	2	2.99NS	92.42NS	3.62NS	4.36NS	4.56NS	356.93NS	1.12NS
Bloque	2	37.79	1454.15	35.26	6.72	23.79	54.31	11.91
Error	24	9.91	275.2	8.23	3.9	10.56	188.88	5.41
CV (%)		22.27	18.02	17.37	17.8	21.69	16.64	23.04
Promedio		1.41	92.35	16.52	16.76	14.98	8.37	10.09

*Significativo a 0.05; ** Altamente significativo al 0.01, según la prueba de Tukey ($p < 0.05$); NS = no significativo; G.L.= grados de libertad; DTALL= diámetro del tallo; ALPLA= altura de la planta; NHOJ= número de hojas; LHOJ= largo de la hoja; AHOJ= ancho de la hoja; DCAP= diámetro del capítulo; LPEC= longitud del peciolo.

Clasificación de la producción

Tamaño del capítulo

De acuerdo con la clasificación de la producción de plantas en función al tamaño del capítulo, la densidad con mayor porcentaje de plantas selectas fue la de 20 cm, obteniendo 22.73% del total de las plantas cosechadas. Se notó que, al ir bajando la densidad de población, el porcentaje de plantas selectas fue disminuyendo, por ende, igual la calidad ornamental (Figura 3). Resultados similares a los reportados por Bonilla *et al.*, (2018) quienes al evaluar densidades de siembra como respuesta a componentes de crecimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.) reportaron que una densidad de 48 plantas m^2 la variedad Vincent sobresalió en comparación con el material denominado Sunbright. Asimismo, Carmigniani (2017) al evaluar la composición agronómica de cinco distanciamientos de siembra en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.), reportó dimensiones del capítulo de 12.9 cm al manejarse a una distancia de 30 cm entre plantas y 60 cm entre surcos, resultados diferentes a los obtenidos. Por otro lado, Morales (2019) nos dice que, al utilizar micorrizas en diversos porcentajes, los diámetros del capítulo son mayores (16 a 18.66 cm) obteniendo mejores

resultados al utilizarlas a una concentración del 80%. En vista de lo anterior, las diferencias en esta variable se deben principalmente a fuentes de fertilizantes empleados, manejo agronómico, densidad utilizada y zona experimental.

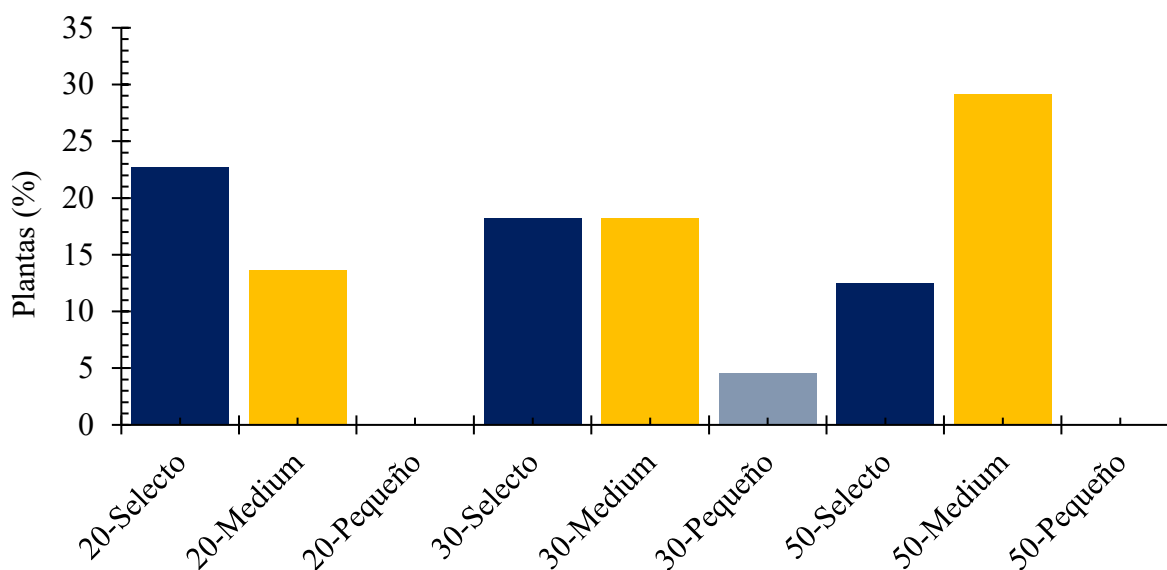


Figura 3. Clasificación de la producción en función del tamaño del capítulo sometida a tres distancias de planta en girasol.

Grosor del tallo

De acuerdo con la clasificación de la producción de plantas en función al grosor del tallo, la distancia con mayor porcentaje de plantas médium fue la de 20 cm, obteniendo el 36.36% del total de las plantas cosechadas, y al ir incrementando la distancia el porcentaje de plantas médium fue disminuyendo (Figura 4). De lo anterior, Hernández (2022) nos dice que mientras el grosor del tallo sea mayor, la inflorescencia y su coloración serán mejores en comparación con diámetros menores, esto debido a que los tallos gruesos serán capaces de contener mayores cantidades de reservas, así también facilitarían el manejo ornamental. Asimismo, Fernández *et al.*, (2018) reportaron que en condiciones edafoclimáticas óptimas para su crecimiento, el grosor del tallo expresa características ideales para su crecimiento. Por el contrario, Tiñini (2016) determinó que el grosor del tallo varía acorde con la variedad,

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Treatment	20-Selecto	20-Medium	20-Pequeño	30-Selecto	30-Medium	30-Pequeño	50-Selecto	50-Medium	50-Pequeño
Control (Yellow)	0	36	0	0	32	0	0	25	0
Fertilizer (Blue)	0	0	0	0	0	9	0	0	12

Figura 4. Clasificación de la producción en función del grosor del tallo sometida a tres distancias de planta en girasol.



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Carrillo, C. J. F., y Yumbra-Orbes, M. 2022. Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. Siembra 9(1): 1-17. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>

Castillo, M. L. E. 2007. Introducción al SAS para Windows, 3ra Edición. Universidad Autónoma Chapingo UACH. 295 p. <http://parasitologia.chapingo.mx/produccion/libros/1-introduccion-al-sas-para-windows-3ra-edicion> [consultado el 16 de mayo de 2024].

Díaz, A. 2017. Diagnóstico del sistema de producción en cultivo de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) en San Bartolo, Amanalco de Becerra. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110635/2016%20Ma%20Elizabeth%20Acevedo%20Rico.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [consultado el 25 de noviembre de 2023].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2024. GAEZ Data Portal <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-find-plant> [consultado el 16 de enero de 2024].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> [consultado el 16 de enero de 2024].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. *Helianthus annuus*. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-find-plant> [consultado el 2 de febrero de 2024].

Fernández, L. A. D., Boggiano, A. G. T., y Pérez, C. S. 2018. Comportamiento agronómico de tres variedades de girasol (*Helianthus annuus* L.) en la comunidad montañosa Topes de Collantes, Cuba. Agrisost 24(3): 194-206.

Fresa Flor. 2024. Girasol F1 Vincent's Choice. <https://macroimportacionesff.wixsite.com/macroimportacionesff/product-page/girasol-f1-vincent-s-choice> [consultado el 10 de julio de 2023].

[VOS 2da Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf](https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/girasol-helianthus-spp#:~:text=La%20flor%20de%20girasol%20es,cosm%C3%A9ticos%2C%20detergentes%20e%20incluso%2C%20en) [consultado el 12 de febrero de 2024].

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Girasol (*Helianthus* spp.). [https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/girasol-helianthus spp#:~:text=La%20flor%20de%20girasol%20es,cosméticos%2C%20detergentes%20e%20incluso%2C%20en](https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/girasol-helianthus-spp#:~:text=La%20flor%20de%20girasol%20es,cosm%C3%A9ticos%2C%20detergentes%20e%20incluso%2C%20en) [consultado el 8 de agosto de 2023]

Tiñini B.R. 2016. Empleo del girasol (*Helianthus annuus* L.) híbrido de uso agroindustrial, como opción de producción ornamental en ambientes atemperados, bajo tres diferentes densidades de siembra y análisis económico de rentabilidad. Tesis doctoral.

Tlahuextl, C., y Ávila, J.M. 2015. Flores de corte y follaje en florerías y mercados de Puebla, México. Revista Chapingo serie hortícola 11(2): 323-327. <https://www.redalyc.org/pdf/609/60911220.pdf> [consultado el 18 de febrero de 2024].

Velázquez, J. 2018. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema s, v y r correlacionado con la sumatoria térmica. Agronomía Costarricense 39(2): 121-129. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242015000200121&script=sci_arttext#B9 [consultado el 18 de marzo de 2024].

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN CONDICIONES DE SUELO ÁCIDO Y SEQUÍA EN TABASCO

Sabel Barrón Freyre¹, Óscar Hugo Tosquy Valle², Rigoberto Zetina Lezama²

Resumen

La acidez es una propiedad de los suelos que disminuye la producción de especies dentro de ellas el frijol, se estima que en México existen alrededor de 14.7 millones de hectáreas de suelos ácidos, la gran mayoría en estados el sureste del país como Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Tabasco. En este tipo de suelos las plantas presentan deficiencias nutrimentales debido a la lixiviación de calcio, magnesio y potasio y por la baja disponibilidad de fósforo, además, por la alta concentración de aluminio intercambiable que provoca toxicidad a las plantas y reduce el crecimiento de raíces, por ello en el ciclo otoño-invierno 2023/24 en una localidad de Huimanguillo, Tabasco se estableció un experimento para identificar genotipos de frijol negro que muestren mejor adaptación a las condiciones de estrés por suelo ácido y de sequía que el testigo comercial, Negro Jamapa. En el ensayo se evaluaron cinco líneas avanzadas derivadas de la cruza Papaloapan/SEN-46, tres de la cruza Negro Citlali/XRAV-187-3 y dos de la cruza Jamapa Plus/XRAV-187-3, la línea CIAT-103-25 proveniente del CIAT y las variedades Negro INIFAP, Verdín, Rubí, Rincón Grande y Negro Jamapa Los resultados y su análisis permite concluir que Las líneas CIAT-103-25 y Papaloapan/SEN 46-7-10, junto con la variedad Verdín mostraron la mejor adaptación a las condiciones de estrés por suelo ácido y ocurrencia de sequía durante el ciclo de prueba y que bajo esas condiciones ambientales, CIAT-103-25 fue la más productiva y significativamente superior al testigo Negro Jamapa.

Palabras clave: genotipos, frijol, suelos ácidos, sequía

1 Investigador del Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP.

2 Investigador del Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

Introducción

El frijol es una leguminosa que no puede faltar en la mesa de un mexicano, el consumo anual per cápita durante 2022 fue de 7.6 kg; en México en el mismo año se cosecharon 965 mil toneladas, la cifra más baja en los últimos 10 años, esto ocasionado por la falta de agua en la siembra y desarrollo de la planta, principalmente en el ciclo primavera-verano, el estado con mayor aportación a la producción nacional fue Zacatecas con 30,7495 toneladas. En el sureste de México destacaron Chiapas y Veracruz con 68621 y 30,183 toneladas respectivamente (SIAP, 2023).

En Tabasco para el mismo año se cosecharon 2024 toneladas en una superficie de 3096 hectáreas y un rendimiento promedio de 650 kg ha⁻¹ (SIAP, 2023), volumen y rendimiento considerados bajos, el primero dada la baja superficie sembrada aún y cuando existen de acuerdo a estudios de potencial productivo más de 38,000 hectáreas de alto potencial para frijol (Aceves, *et al.*, 2009), y el rendimiento por la acidez que presentan los suelos y la sequía terminal en el ciclo de siembra, el cual suele ser igual o menor de 300 kg ha⁻¹ cuando se combinan ambos factores (Zetina *et al.*, 2002)

La acidez es una propiedad de los suelos que disminuye la producción de especies dentro de ellas el frijol, se estima que en México existen alrededor de 14.7 millones de hectáreas de suelos ácidos, la gran mayoría en estados el sureste del país como Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Tabasco (Zetina *et al.*, 2002), en Tabasco la superficie estimada de este tipo de suelos es de 617,697 ha, que representa el 24.5 % de la superficie Estatal (Palma y Cisneros, 1996).

En este tipo de suelos las plantas presentan deficiencias nutrimentales debido a la lixiviación de calcio, magnesio y potasio y por la baja disponibilidad de fósforo (Fragoso *et al.*, 2005), además, por la alta concentración de aluminio intercambiable que provoca toxicidad a las plantas y reduce el crecimiento de raíces (Zetina *et al.*, 2002; Tosquy *et al.*, 2008), por ello en este trabajo el objetivo fue identificar genotipos de frijol negro que muestren mejor adaptación a las condiciones de estrés por suelo ácido y de sequía en el estado de Tabasco que la variedad comercial, Negro Jamapa.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

vainas producidas por planta, determinado en 10 plantas con competencia completa, seleccionadas al azar en cada parcela en la etapa de cosecha, a las cuales se les contabilizaron sus vainas y se obtuvo el promedio, el número de plantas cosechadas por parcela, el peso de 100 semillas, tomadas al azar en cada parcela y el rendimiento de grano, estimado en kilogramos por hectárea ajustado al 14% de humedad.

Se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y en los casos que se detectó significancia entre tratamientos, para la separación se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error (DMS, $\alpha = 0.05$).

Resultados y Discusión

Precipitación pluvial ocurrida

En el sitio experimental, durante el ciclo del cultivo se tuvo una precipitación pluvial total acumulada de sólo 74 mm (31.5 mm durante la fase vegetativa y 42.5 mm en la fase reproductiva), con inadecuada distribución de lluvia, ya que hubo un periodo de sequía de 14 días durante la primera fase y dos periodos de sequía durante la fase reproductiva: uno de 13 días que abarcó de la etapa de floración (R6) a la de formación de vainas (R7) y otro de 18 días de la etapa de llenado de vainas (R8) a la maduración del cultivo (R9) (Fernández *et al.*, 1985). Es decir, que el frijol se desarrolló con restricciones de humedad durante todo el ciclo del cultivo (Ruíz *et al.*, 2013). Por lo anterior, el rendimiento de grano del frijol se vio afectado ya que la falta de humedad en el suelo por la ocurrencia de periodos de sequía durante la fase vegetativa del cultivo, provoca un deficiente desarrollo de las plantas de frijol, mientras que durante la fase reproductiva, ocasiona aborto de flores, disminución de componentes de rendimiento e impide que la planta exprese su potencial productivo (Nuñez *et al.*, 2005; Muñoz *et al.*, 2006; Ghassemi y Mardfar, 2008).

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

El número de días a la floración media de los genotipos fue de 41.89 (Cuadro 2), y su variación estuvo entre 40.67 del Papaloapan/SEN 46-7-7 y 43.67 del Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6, valores mayores a los observados en condiciones de acidez no restrictivas para el frijol, pues al comparar la media de esta variable de los genotipos Jamapa, Verdín, INIFAP y Rubí que es de 41.8 días versus 39.8 días obtenida por los mismos materiales en un suelo con pH de 5.8 (Barrón y Ugalde, 2023), lo que implica un retraso medio de dos días por efecto de la acidez (pH 4.92) y las condiciones de humedad imperantes en el ciclo.

En el Cuadro 2 el promedio de plantas cosechadas es de 79.79 por 4 m², lo que implica una densidad de plantas de 197,900 es decir una reducción del 20.84 % respecto a lo planeado, esta pérdida de plantas se asume como una respuesta a las condiciones restrictivas del pH del suelo y a la deficiencia de humedad presente en el ciclo.

En el Cuadro 2 también se muestra que, la mayoría de los genotipos presentaron una cantidad baja de vainas producidas por planta, la media fue de 3.62 vainas, lo que también refleja el efecto negativo de la sequía y el grado de acidez, el número de VVP es considerada uno de los principales componentes del rendimiento de grano de frijol (López y Lagarreto, 2006; Legesse *et al.*, 2013).

En el peso de 100 semillas de los genotipos, la variedad Verdín obtuvo un peso de 100 semillas significativamente sobresaliente, el cual fue estadísticamente similar al de la línea Papaloapan/SEN 46-7-10 y superior al del resto de los genotipos (Cuadro 3). El peso de 100 semillas significativamente sobresaliente de la variedad Verdín, se debe principalmente a que genéticamente su grano es de mayor grosor y longitud, que el tipo tropical local, como el de la variedad Negro Jamapa, lo cual está relacionado con un mayor peso de semilla (Tosquy *et al.*, 2016). El genotipo con el menor peso de 100 semillas fue Rubí con 15.92 g, igual estadísticamente según la prueba de medias al mostrado por 12 genotipos más.

En cuanto a la producción de grano, tres genotipos sobresalen: el CIAT-103-25 con 329 kg ha⁻¹, el Papaloapan/SEN 46-7-10 con 251 kg ha⁻¹ y el Verdín con 245.67 kg ha⁻¹; el Negro Jamapa con 184.67 kg ha⁻¹, tiene un rendimiento menor en 32.9 % respecto a la media de los tres genotipos señalados y de un 43.9 % menor a la línea CIAT-103-25. El Negro Jamapa obtuvo un rendimiento de grano estadísticamente similar, a los de los genotipos menos

productivos en el ensayo, lo que demuestra su pobre adaptación en condiciones de estrés por suelo ácido y sequía (López *et al.*, 2006; Tosquy *et al.*, 2008; 2014).

Cuadro 3. Efecto del estrés por suelo ácido y sequía en el peso de 100 semillas y rendimiento de grano de genotipos de frijol negro evaluados. Huimanguillo, Tabasco, México. Ciclo otoño-invierno de 2023-24.

Genotipo	P100S (g) [†]	RG ^{††}
Papaloapan/SEN 46-2-6	18.50b	152.33cde
Papaloapan/SEN 46-3-2	16.96bc	183.00bcde
Papaloapan/SEN 46-7-7	16.88bc	113.67de
Papaloapan/SEN 46-7-10	18.67ab	251.00ab
Papaloapan/SEN 46-7-12	17.37bc	108.00de
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5	16.29c	128.00de
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6	16.59c	106.67de
Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8	16.01c	224.33bc
J P/XRAV-187-3-1-2 (R Grande)	16.62c	159.00bcde
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1	17.11bc	92.33e
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	16.48c	112.33de
CIAT-103-25	17.51bc	329.00a
Negro Jamapa	16.21c	184.67bcde
Verdín	20.33a	245.67abc
Negro INIFAP	16.92bc	189.67bcd
Rubí	15.92c	227.00bc
Promedio ^{§§}	17.15	175.42
DMS (0.05)	1.82	95.62

[†]Peso de 100 semillas. ^{††}Rendimiento de grano. Genotipos con letras diferentes en cada columna, de la característica peso de 100 semillas (P100S), son estadísticamente diferentes según la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Conclusiones

Las líneas CIAT-103-25 y Papaloapan/SEN 46-7-10, junto con la variedad Verdín mostraron la mejor adaptación a las condiciones de estrés por suelo ácido y ocurrencia de sequía durante el ciclo del cultivo, en el estado de Tabasco. Bajo esas condiciones ambientales, CIAT-103-25 también fue la más productiva, cuyo rendimiento de grano fue significativamente superior al de la variedad testigo Negro Jamapa.

Literatura Citada

Aceves, N. L. A., Juárez L. J. F., Palma, L. D. J., López, L. R., Rivera, H. B., Rincón, R. J. A., Morales, C. R., Hernández, A. R., Martínez, S. A. 2009. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del frijol (*phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Villahermosa Tabasco. 40p.

Barrón, F. S. y Ugalde, A. F. J. 2023. Rendimiento y sus componentes de variedades de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en el ciclo otoño-invierno en la Chontalpa, Tabasco. Innovaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo sostenible de la agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Regional Golfo Centro. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco México. 25-30.

Barrón, F. S. 2022. Paquete tecnológico del cultivo de frijol para el estado de Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tab., México. 3 p.

Fernández, F., P. Geps y M. López. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. p. 61-78. In: M. López, F. Fernández y A. van Schoonhoven. (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Referencia de los cursos de capacitación sobre frijol dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. PNUDCIAT. Cali, Colombia.

Fragoso, S., Martínez E. B., Vázquez S. S., Acosta J. y Coello P. 2005. Respuesta de la soya (*Glycine max*) a la deficiencia de fósforo. Agrociencia39:303-310.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Sabel Barrón Freyre¹, Francisco Javier Ugalde Acosta²

En Tabasco el frijol se siembra en el ciclo otoño-invierno y dependiendo de la zona se puede establecer el cultivo a inicios de noviembre y hasta finales de diciembre, de ello depende que la falta de agua en las etapas reproductivas reduzca en menor o mayor grado el rendimiento del cultivo, en la actualidad el mejoramiento genético ha permitido generar variedades que presentan resistencia a la sequía terminal, tal es el caso del Verdín. Durante el ciclo otoño-invierno de 2023-24, en condiciones de humedad residual, se probaron en un terreno del Campo Experimental Huimanguillo 16 variedades de frijol liberadas en su mayoría por INIFAP, en ellas se incluyó a la variedad comercial Negro Jamapa. Durante el ciclo se presentaron dos períodos marcados de falta de lluvia, el primero del día 20 después de la siembra al día 40, en este lapso sólo ocurrió un evento con 3 mm, y el segundo del día 48 al 75 donde en un evento se acumularon 3.5 mm; de los dos lapsos secos se considera que de las etapas fenológicas R7 a la R9 fases reproductivas el frijol se desarrolló con mayores restricciones de humedad. De los resultados y su análisis se encontró que las variedades de frijol, Negro Primavera, Negro Veracruz y Verdín, mostraron mayor resiliencia al estrés por ocurrencia de sequía en la región de la Chontalpa del estado de Tabasco, con rendimientos medios ajustados de 1389.1 kg ha⁻¹, 1366.2 kg ha⁻¹ y 1364.5 kg ha⁻¹ respectivamente, y superiores a la variedad comercial Negro Jamapa.

Palabras clave: Rendimiento, frijol, sequía.

1 Investigador del Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP.

2 Investigador del Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

Introducción

El frijol es una leguminosa que junto con el maíz son la base alimenticia de la mayoría de los mexicanos, su consumo anual per cápita durante 2022 fue de 7.6 kg; en México en el año citado se cosecharon 965 mil toneladas, la cifra más baja en los últimos 10 años, ocasionado por la falta de agua desde la siembra, desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta, principalmente en el ciclo primavera-verano. El estado con mayor aportación a la producción nacional fue Zacatecas con 307,495 toneladas, seguido de Sinaloa con 165,475 toneladas; en el sureste de México destacaron Chiapas y Veracruz con 68,621 y 30,183 toneladas respectivamente, (SIAP, 2023).

En Tabasco para el año 2022, la demanda de frijol no se cubrió con el volumen cosechado que fue de 2,024 toneladas, producto de una superficie sembrada de 3,096 hectáreas y un rendimiento medio de 650 kg ha⁻¹ (SIAP, 2023); tanto el volumen como el rendimiento son bajos, el primero dada la superficie sembrada aún y cuando existen de acuerdo a estudios de potencial productivo más de 38,000 hectáreas con alto potencial para frijol (Aceves, et al., 2009), y el rendimiento por la presencia de factores abióticos como la baja y mala distribuida de la precipitación pluvial aunado a: la presencia de los llamado “sures” (vientos calientes del sur) lo que ocasiona una deshidratación severa en la planta, suelos con pH ácido y de bióticos como el uso de grano comercial habilitado como semilla, falta de semilla mejorada, maleza, plagas y enfermedades, entre otros.

De acuerdo con Frahm et al (2003. P 144), “la sequía terminal es una limitante anual de la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en América Central y México. En ambientes del trópico bajo, un patrón bimodal de lluvias permite dos épocas de producción. En la primera época (mayo a agosto) ocurre la mayor precipitación; mientras que, en la segunda (Postrera; septiembre a diciembre) la precipitación es limitada”, también señala que bajo esta circunstancia existe la posibilidad de evaluar material genético para seleccionar el que se adapte mejor a dicha condición, sin embargo, es necesario la incorporación de mayores niveles de resistencia a factores bióticos como las enfermedades, que se pueden desarrollar bajo esta condición.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Precipitación pluvial ocurrida

En el sitio de evaluación, durante el ciclo del cultivo se tuvo una precipitación pluvial total acumulada de sólo 82.5 mm, de los cuales, 46.5 mm, se precipitaron en la fase vegetativa y 36 mm en la fase reproductiva, con una inadecuada distribución de la lluvia, Figura 1, pues se presentaron dos períodos marcados de falta de lluvia, el primero del día 20 después de la siembra al día 40, en este lapso sólo ocurrió un evento con 3 mm, y el segundo del día 48 al 75 donde en un evento se acumularon 3.5 mm; de los dos lapsos secos se considera que de la R7 a la R9 etapas de la fase reproductiva (Fernández et al., 1985), el frijol se desarrolló con mayores restricciones de humedad, reduciendo en mayor grado el rendimiento de grano, aunque por lo descrito la reducción puede presentarse durante todo el ciclo del cultivo (Ruíz et al., 2013), cuando existen deficiencia de humedad. Cuando la falta de humedad en el suelo ocurre durante la fase vegetativa del cultivo, provoca un deficiente desarrollo de las plantas de frijol, mientras que, durante la fase reproductiva, ocasiona aborto de flores, disminución de componentes de rendimiento e impide que la planta exprese su potencial productivo (Nuñez et al., 2005; Muñoz et al., 2006; Ghassemi y Mardfar, 2008).

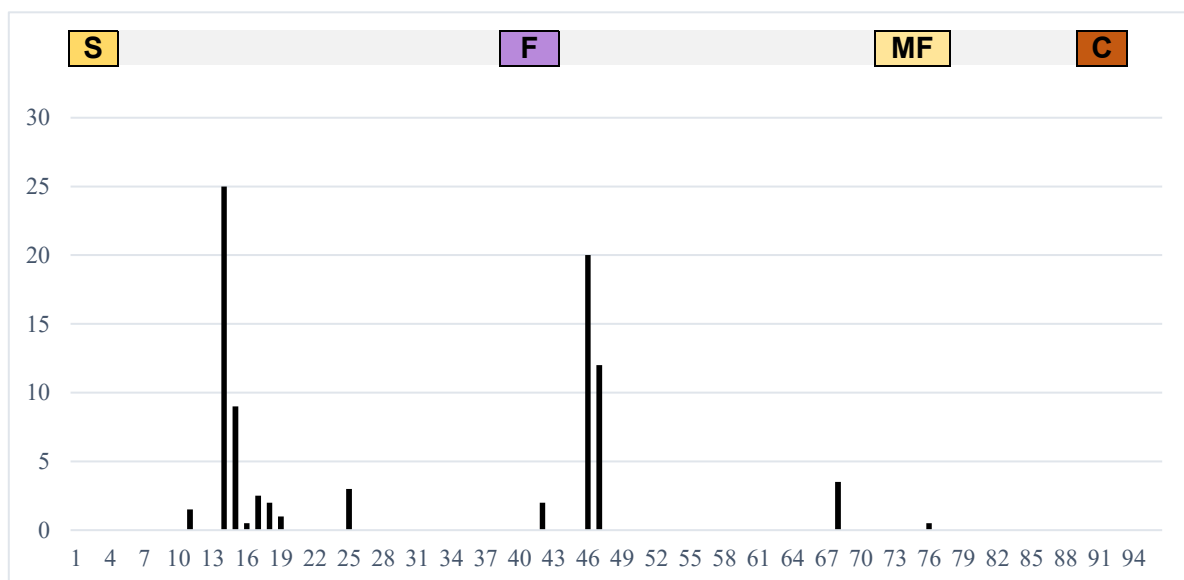


Figura 1. Distribución de la precipitación pluvial (mm) durante el período de prueba (S=siembra; F=floración; MF=madurez fisiológica; C= cosecha), de variedades de frijol. Ciclo Otoño-invierno 2023/24. Campo Experimental Huimanguillo

Variables de respuesta

El inicio de la floración de las variedades se presentó entre el día 39 y el día 43, mientras que la madurez fisiológica ocurrió del día 71 al 77; estos rangos son diferentes a los que se observaron en el ciclo otoño-invierno 2021/22 donde se evaluaron la mayoría de las variedades utilizadas en la prueba actual y cuyo inicio de la floración se dio entre el día 36 y 42 y los días a madurez entre el día 76 y 79; como puede observarse la falta de agua provocó un retraso en el inicio de la floración y una reducción en los días a madurez, cabe señalar que durante el ciclo homólogo anterior la precipitación acumulada en el ciclo fue de 452.7 mm sin períodos de sequía en las fases vegetativa y reproductiva, (Barrón y Ugalde 2023).

En el resumen del análisis de varianza, Cuadro 1, se observa que las variables de respuesta mostraron significancia entre tratamientos ($P \leq 0.01$), lo que implica diferencias agronómicas en al menos uno de ellos respecto al resto. Los valores del coeficiente de variación de las variables son indicadores de diferencia reales entre tratamientos y errores experimentales.

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza a tres variables de respuesta en variedades de frijol. Ciclo otoño-invierno 2023/24. Campo Experimental Huimanguillo.

Variable	CME	Media	C V (%)	Significancia
Densidad (pl ha ⁻¹)	282543402.78	136,172	12.34	**
Vainas pl ⁻¹	5.62	12.22	19.40	**
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	36721.99	991	19.34	**
Rendimiento Aj. (kg ha ⁻¹)	38444.46	991	19.79	**

**Significancia al 0.01; pl=planta(s)

En el Cuadro 2, se describen los resultados de la variable densidad de plantas a la cosecha cuya media es de 136,172 pl ha⁻¹, valor que implica una pérdida importante de plantas de la emergencia a la cosecha, como consecuencia de la falta de agua en las fases vegetativa y reproductiva del frijol y que puede repercutir en el rendimiento de grano, aún y cuando en el frijol las componentes de rendimiento (plantas cosechadas, vainas por planta, granos por

vaina, peso de 100 semillas) tienen una fuerte interacción, lo que implica que un cambio en ellas, provoca una respuesta positiva o negativa en las otras.

Cuadro 2. Número de plantas(pl) cosechadas y número medio de vainas por planta en la prueba de variedades de frijol. Ciclo otoño-invierno 2023/24. Campo Experimental Huimanguillo.

Variedad	Densidad (pl ha ⁻¹)	Vainas pl ⁻¹
Negro Primavera	138,750 bcd	14.25 a
Negro Veracruz	149,375 bcd	14.68 a
Verdín	121,250 cd	13.0 ab
Negro Tacaná	157,500 ab	11.25 ab
Negro INIFAP	114,375 d	14.0 a
Rubí	195,000 a	12.48 ab
Negro Medellín	118,125 cd	13.3 ab
Negro Papaloapan	138,750 bcd	11.9 ab
Negro 8025	176,250 ab	9.2 ab
Negro Comapa	125,000 cd	12.83 ab
Negro Albicampo	146,875 bcd	12.9 ab
Negro Huasteco 81	124,375 cd	12.38 ab
Negro Tropical	118,125 cd	13.7 ab
Michigan	110,000 d	11.1 ab
Negro Jamapa	124,375 cd	7.8 b
Negro Cotaxtla 91	120,625 cd	10.83 ab
Media	136,172	12.22

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); pl=planta(s)

Las variedades con la densidad de plantas mayor y menor corresponden al Rubí con 195,000 pl ha⁻¹ y 110,000 pl ha⁻¹ de Michigan, valores que son diferentes estadísticamente como lo indica la prueba de medias utilizada, con esto se puede afirmar que la reducción de plantas de lo programado a lo cosechado por efecto de la sequía osciló entre el 22 y 56%, ya que cuando las condiciones de lluvia son buenas la pérdida de plantas suele estar entre un 10 y 15%; el grupo formado por las variedades Rubí, Negro 8025 y Negro Tacaná, no mostraron diferencia estadística al nivel de significancia utilizado ($\alpha = 0.05$).

El comportamiento de las variedades respecto al número de vainas por planta indica que el Negro Veracruz, el Negro Primavera y el Negro INIFAP, mostraron el mayor número (14.68, 14.25 y 14.0 vainas pl⁻¹), pero existen 12 variedades más, sin diferencia estadística con las tres ya mencionadas, según la prueba de medias, lo que pudo ser provocado por el deficiente

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Cuadro 3: Rendimiento de grano al 14% de humedad en prueba de variedades de frijol. Ciclo otoño-invierno 2023/24. Campo Experimental Huimanguillo.

Variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Rendimiento Aj. (kg ha ⁻¹)
Negro Primavera	1393.5 a	1389.1 a
Negro Veracruz	1388.7 a	1366.2 a
Verdín	1339.2 a	1364.5 a
Negro Tacaná	1307.3 a	1271.1 ab
Negro INIFAP	1288.0 a	1325.1 a
Rubí	1252.7 ab	1152.7 abc
Negro Medellín	1226.0 ab	1256.7 ab
Negro Papaloapan	1061.2 abc	1056.7 abcd
Negro 8025	1021.7 abc	953.6 abcd
Negro Comapa	1017.7 abc	1036.7 abcd
Negro Albicampo	792.7 bcd	774.5 bcde
Negro Huasteco 81	705.0 cd	725.1 cde
Negro Tropical	620.8 cd	651.5 cde
Michigan	606.0 cd	650.5 de
Negro Jamapa	419.0 d	439.1 e
Negro Cotaxtla 91	412.1 d	438.6 e
Media	991.0	991.0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El comportamiento productivo de las variedades se desglosa en el Cuadro 3, en él se puede observar que el primer grupo formado por 10 variedades cuya diferencia estadística no existe tiene una media 1229.6 kg ha⁻¹, destacando Negro Primavera, Negro Veracruz y Verdín, con un rendimiento medio de 1393.5 kg ha⁻¹, 1388.7 kg ha⁻¹ y 1339.2 kg ha⁻¹; el rendimiento medio de la prueba fue de 991 kg ha⁻¹.

Como ya se mencionó, el número de plantas cosechadas presentó diferencia estadística, por lo que se realizó un análisis de covarianza para ajustar el rendimiento obtenido, con el análisis se volvió a detectar diferencia altamente significativa entre las variedades (Cuadro 1), el ajuste del rendimiento demostró (Cuadro 3), que las variedades ya definidas como destacadas no cambian, por lo que se puede considerar que expresaron resiliencia a la sequía presente

en

el ciclo de prueba, mientras que seis de ellas, incluido el Negro Jamapa si manifestaron un efecto negativo mayor, pues su rendimiento es semejante a la media de producción del frijol a nivel comercial del año agrícola 2022 en Tabasco, donde se utiliza para la siembra de semilla de bajo potencial de rendimiento.

Conclusiones

Las variedades de frijol, Negro Primavera, Negro Veracruz y Verdín, mostraron mayor resiliencia al stress por ocurrencia de sequía durante el ciclo del cultivo (otoño-invierno 2023/24) en la región de la Chontalpa del estado de Tabasco, sus rendimientos medios ajustados fueron de 1389,1366.2 y 1364.5 kg ha⁻¹ respectivamente y superiores estadísticamente a la variedad Negro Jamapa.

Literatura Citada

Aceves, N. L. A., Juárez, L. J. F., Palma, L. D. J., López, L. R., Rivera, H. B., Rincón, R. J. A., Morales, C. R., Hernández, A. R., y Martínez, S. A. 2009. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del frijol (*phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Villahermosa Tabasco. 40p.

Barrón, F. S. y Ugalde, A. F. J. 2023. Rendimiento y sus componentes de variedades de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en el ciclo otoño-invierno en la Chontalpa, Tabasco. Innovaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo sostenible de la agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Regional Golfo Centro. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco México. 25-30.

Cruz, C. E., Acosta, G. J. A., Reyes, M. L., y Cueto, W. J. A. 2021. Variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Oficinas Centrales. Ciudad de México. México. Libro Técnico No. 2: 98 p.

Fernández, F., Geps P. y López M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. p. 61-78. In: M. López, F. Fernández y A. van Schoonhoven. (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Referencia de los cursos de capacitación sobre frijol dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. PNUDCIAT. Cali, Colombia.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Serie libros. Núm. 6. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 97 p.

Ghassemi, G. K. and Mardfar, R. A. 2008. Effects of limited irrigation and grain yield of common bean. J. Plant Sci. 3(3):230-235.

Ibarra, P. F. J., Tosquy, V. O. H., Rodríguez, V. J. R., Villar B. S., López, S. E y Anaya, J. L. 2022. Rubí: nueva variedad mejorada de frijol negro para las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 13(3):577-585. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2227>

Muñoz, P. G., Terán, R. H., Allen, J. W., Westermann D. and Singh, S. P. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Sci. 46: 2111-2120.

Núñez, B. A., Hoogenboom, G. and Scott D. 2005. Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 62(1):18-22.

Rosales, M., Cuéllar, O. S., Arrieta, M. P., Acosta, G. J. A. and A. Covarrubias. (2013). Physiological traits related to terminal drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture. 93(2). pp. 324-31

Rosales, S. R., Acosta, J. A. G., Muruaga, J. S. M., Hernández, J. M. C., Esquivel, G. E. y Pérez, P. H. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. de Mex., México. 148 p.

Ruíz, C. J. A., Medina G. G., González I. J. A., Flores H. E. L., Ramírez G. O., Ortiz C. T., Byerly K. F. M. y Martínez, R. A. P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama agroalimentario 2023. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. 220 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (consultado 29 mayo 2024)

Tosquy, V. O. H., López E. S., Villar B. S., J. A. Acosta-Gallegos J. A. y J. R. Rodríguez R. 2016. Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(7):1775-1780. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.170>

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Resumen

El Banco de Germoplasma de Chiles del Campo Experimental Mocochá resguarda una colección ex situ de chiles criollos locales, básicamente chile habanero, xcat ik y dulce. En 2023 se inició un proyecto sobre la caracterización morfológica, de rendimiento y calidad de fruto de las accesiones sobresalientes de *Capsicum annuum*, el objetivo de este trabajo es presentar los avances de la caracterización de las accesiones de chile dulce, su homogenización y la obtención de cultivares criollos. Se evaluaron 3 accesiones de chile dulce durante octubre de 2019 a junio de 2024. La caracterización morfológica se realizó evaluando 45 caracteres (3 de planta, 2 de tallo, 8 de hoja, 5 de flor y 27 de fruto). Dependiendo del carácter, se hicieron 10 o 20 lecturas con base en las directrices del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para *Capsicum annuum* L. propuesto por la UPOV. La caracterización morfológica mostró caracteres similares y distintivos. Dentro de los caracteres similares están el porte semierecto de la planta, la pigmentación de antocianinas en los entrenudos, presencia de 1 a 2 flores por axila, porte colgante del pedúnculo, anteras con pigmentación antociánica. La principal característica distinta es la forma del fruto, en sección longitudinal los frutos son de forma plana en la accesión YAXCH, forma acorazonada en P32 y forma trapezoidal en P107. Los frutos de la accesión YAXCH tienen mayor grosor de pericarpio, lo cual, añadido al mayor tamaño de fruto, da mayor producción. Los rendimientos de YAXCH fueron de 21 a 40 t ha⁻¹, los rendimientos de P32 fueron de 19 a 28 t ha⁻¹ y los de P107 de 22 t ha⁻¹. YAXCH se registró con la denominación

¹ Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México.

DZONOT en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales con el número de inscripción CHL-063-220224 y con el Título de Obtentor 3433.

Palabras clave: banco de germoplasma, descriptores, rendimiento,

Introducción

Los bancos de germoplasma aseguran la disponibilidad continua de los recursos fitogenéticos para la investigación, la reproducción y la mejora del suministro de semillas para un sistema agrícola sostenible (FAO, 2014). A diferencia de la conservación *in situ* que conserva la diversidad donde ésta ocurre naturalmente procurando mantener la diversidad de los organismos vivos, sus hábitats y las interrelaciones entre los organismos y su ambiente (Spellerberg y Hargis, 1992), la conservación *ex situ* implica la separación del material vegetal reproductivo de su medio natural para mantenerlo en bancos de semillas, tejidos o plantaciones de campo. Este tipo de conservación asegura que el material almacenado sea accesible (Collins y Hawtin, 1999).

El Banco de Germoplasma de Chiles del Campo Experimental Mococho ha resguardado una colección *ex situ* de chiles criollos locales, básicamente chile habanero (*Capsicum chinense*), xcat ik y dulce (*Capsicum annuum*), estas colecciones se iniciaron en 1996 a raíz de la pérdida de germoplasma por la epifitía causada por virus transmitida por mosca blanca y se ha enriquecido con materiales de reciente introducción que presentan características de interés para la región.

El Banco de Germoplasma tiene 96 accesiones del género *Capsicum*, 75 de las cuales cuentan con semilla obtenida durante el periodo de 2017 a 2020 (Díaz, 2021). Para que el material sea accesible, este debe ser no sólo conservado, sino también refrescado y caracterizado.

La caracterización incompleta de los recursos forestales, fito y zoogenéticos es una limitante plasmada dentro del Programa Nacional de Recursos Genéticos de la Agenda Nacional de Investigación del INIFAP (Zamarripa, 2022), por lo que se cuenta con líneas de investigación sobre la caracterización morfológica y de calidad de los recursos genéticos. Los bancos de germoplasma están considerados como proyectos de apoyo a la investigación y cuentan con

financiamiento limitado al mantenimiento de las accesiones, por lo que la continuidad a los avances de caracterización morfológica debe realizarse con financiamiento adicional.

En 2023 se inició un proyecto sobre la caracterización morfológica, de rendimiento y calidad de fruto de las accesiones sobresalientes de *Capsicum annuum*, el objetivo de este trabajo es presentar los avances de la caracterización de las accesiones de chile dulce, su homogenización y la obtención de cultivares criollos.

Materiales y Métodos

Localidad

Los trabajos de evaluación de rendimiento y la caracterización morfológica se llevaron a cabo en el Campo Experimental Mococho ubicado en el estado de Yucatán (21°06'15"N 89°26'15"W).

Condiciones de cultivo

Los trabajos de evaluación de rendimiento y homogeneidad se realizaron en invernadero con techo de plástico y paredes de malla antiáfidos. Las plantas se establecieron con una separación de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, en camas de siembra de aproximadamente 15 cm de altura, se proporcionó riego presurizado con cinta de goteo con emisores cada 10 cm.

La nutrición se realizó por medio del sistema de riego con mezclas de los fertilizantes solubles urea, nitrato de potasio, nitrato de calcio, nitrato de magnesio, ácido fosfórico y microelementos. El control de mosca blanca se realizó con Confidor® (imidacloprid) al inicio y luego con Sivanto® (flupyradifurone)

y Oberon® (spiromesifen) con base en muestreos. El control de ácaros se realizó con Abakob® (abamectina+piretro natural). No se tuvo presencia de picudo del chile.

Evaluación de caracteres

En total se evaluaron 45 caracteres (3 de planta, 2 de tallo, 8 de hoja, 5 de flor y 27 de fruto). Dependiendo del carácter, se hicieron 10 o 20 lecturas con base en las directrices del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad para *Capsicum annuum* L. propuesto por la UPOV (2018, 2020).

El rendimiento de fruto fresco se reporta en toneladas por hectárea, la clasificación de frutos por tamaño se hizo considerando el diámetro del fruto de acuerdo con la siguiente clasificación: frutos chicos (CH) de 6 a 7 cm, frutos medianos (M) de 7.1 a 8 cm, frutos grandes (G) mayores de 8.1 cm (Santamaría et al., 2021).

Periodo de estudio

Los trabajos se realizaron desde octubre de 2019 hasta junio de 2024. Los ensayos se establecieron en las fechas 4 de octubre de 2019, 24 de septiembre de 2020, 27 de julio de 2021, 4 de enero de 2022, 18 de noviembre de 2022, 27 de octubre de 2023.

Lugares de colecta

Se trabajó con 3 accesiones de chile dulce, la accesión P107 fue colectada en el año 2013 en la localidad de Muna, Yucatán, la accesión P32 fue colectada en el año 2011 en la localidad de Muna, Yucatán, la accesión YAXCH fue colectada en el año 2018 en la localidad de Yaxchekú del Municipio de Tizimín.

Resultados y Discusión

En el primer ensayo, establecido el 4 de octubre de 2019, se evaluaron las 3 accesiones, YAXCH produjo 40.8 t ha⁻¹ durante un periodo de cosecha de 5 meses, P32 produjo 28.545 t ha⁻¹ en un periodo de 3 meses y P107 tuvo un rendimiento de 28.545 t ha⁻¹, la mayor parte de los frutos clasificó en tamaño grande. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de fruto fresco de 3 accesiones de chile dulce criollo cultivado en invernadero en Mocochoá, Yucatán. 2019-2020.

Accesión	Rendimiento t ha ⁻¹	Frutos chicos (%)	Frutos medianos (%)	Frutos grandes (%)
YAXCH	40.822 a	30.1	32.3	37.6
P32	28.545 b	20.1	31.7	48.2
P107	23.685 b	29.4	34.6	36.0

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales (Tukey, P=0.05).

En cuanto a la forma del fruto, se observó que la accesión YAXCH presenta frutos de forma plana (Figura 1), las plantas de la accesión P107 presentan frutos cuadrados y triangulares y las plantas de la accesión P32 presentan frutos de forma acorazonada (Santamaria et al., 2022). Sin embargo, se observó que forma del fruto no fue uniforme en todas las plantas de cada una de las accesiones, por lo que se procedió a trabajar cada accesión por separado.

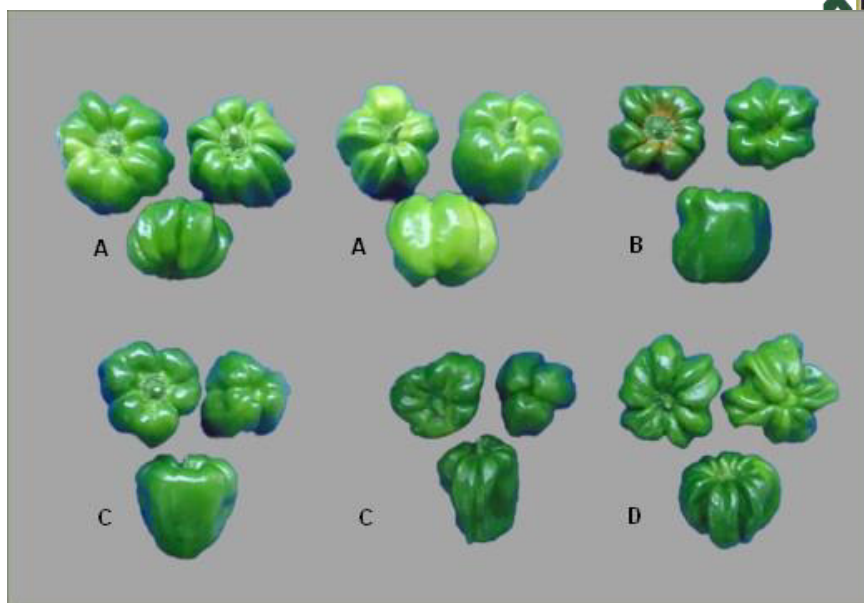


Figura 1. Diferentes formas de fruto de chile dulce cultivado en invernadero en Mocochá, Yucatán, en el ciclo 2019-2020. (A) Forma plana de la accesión YAXCH. (B) Forma cuadrada y (C) forma triangular de la accesión P107. (D) Forma acorazonada de la accesión P32. Cultivado en invernadero en Mocochá, Yucatán 2019-202

Accesión YAXCH

Se realizaron 5 ciclos de evaluación. El primer ensayo se estableció el 4 de octubre de 2019, se evaluó rendimiento y forma de fruto. Los siguientes ensayos se establecieron con semilla de las plantas con características de fruto similares empleando un método de mejoramiento de selección masal en las fechas 24 de septiembre de 2020, 27 de julio de 2021, 4 de enero de 2022, 18 de noviembre de 2022. En los ensayos de julio de 2021 y enero de 2022 se evaluó el rendimiento además de la caracterización morfológica.

La planta es alta y de porte semierecto. El tallo es de color verde, presenta pigmentación antociánica en los nudos con intensidad fuerte y la pilosidad es ausente o muy débil. Las hojas son de forma oval de color verde con intensidad media, el limbo es largo (promedio de

19 cm) y ancho (promedio de 7.8 cm)

Presentan de 1 a 2 flores por axila con pedúnculo colgante, de 5 a 6 pétalos de color blanco, anteras con pigmentación antocianica.

Los frutos son de color verde con intensidad media y brillo fuerte antes de la madurez, al madurar adquieren tono rojo con intensidad media y brillo medio. Los frutos son de forma plana en sección longitudinal, el ápice es hundido, con cáliz de aspecto no envolvente y la profundidad de la cavidad peduncular es media (Figura 2A). La forma en sección transversal es angular y no presenta capsicina. El porte del fruto es colgante, la sinuosidad del pericarpio de la parte basal es fuerte, la sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal es fuerte, la textura de la superficie es lisa. Los frutos son de longitud media (5.4 cm) y diámetro ancho (7.2 cm).

Los surcos interloculares son profundos, de 3 a 5 lóculos. El espesor del pericarpio es de 3.5 mm y la longitud del pedúnculo es de 2.5 cm. Las semillas son de color crema y circulares.

Después de 5 ensayos esta accesión mostró homogeneidad en la forma del fruto, en septiembre de 2023 se tramitó la solicitud de inscripción en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y la solicitud de título de obtentor con la denominación de Dulce Costillón. En noviembre de 2023 se cambió la denominación a Dzonot. En enero de 2024 se obtuvo el registro provisional número 4684-CHL-073-111223/C en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y febrero de 2024 se tuvo el registro definitivo con el número de inscripción CHL-063-220224. El 22 de marzo de 2024 se extendió la constancia de presentación con número de registro CP 3266. En mayo de 2024, se extendió el Título de Obtentor 3433.

En el segundo ensayo la cosecha inició a los 83 días después del trasplante, se mantuvo por 4.5 meses y produjo 29.1 t ha⁻¹. En el tercer ensayo la cosecha inició a los 90 días del trasplante y produjo 21.1 t ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de fruto fresco de la accesión YAXCH cultivado en invernadero en Mocoehá, Yucatán en 3 fechas de siembra. 2020-2022.

Fecha de trasplante	Trasplante a cosecha (días)	Cosecha a	Rendimiento $t\ ha^{-1}$	Frutos chicos (%)	Frutos medianos (%)	Frutos grandes (%)
4 oct 2019	70	5.0	40.8 a	30.1	32.3	37.6
27 jul 2021	83	4.5	29.1 b	45.1	35.1	19.8
4 ene 2022	90	3.0	21.1 b	54.5	30.6	14.9

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P=0.05$)

Accesión P32

Se realizaron 6 ciclos de selección, el primer ensayo se estableció el 4 de octubre de 2019, se evaluó rendimiento y forma de fruto. Los siguientes ensayos se establecieron con semilla de las plantas con características de fruto similares empleando un método de mejoramiento de selección masal en las fechas 24 de septiembre de 2020, 27 de julio de 2021, 4 de enero de 2022, 18 de noviembre de 2022, 27 de octubre de 2023. En los ensayos de julio de 2022, noviembre de 2022 y octubre de 2023 se evaluó el rendimiento además de la caracterización morfológica.

La planta es de porte semierecto y de tamaño bajo. El tallo es de color verde y presenta pigmentación antocianica en los nudos con intensidad de media a fuerte y la pilosidad es ausente o muy débil. Las hojas son de forma lanceolada de color verde con intensidad y brillo

medio con una longitud media de 19 cm y un ancho de 6.6 cm. Las flores son de color blanco, las anteras presentan pigmentación antociánica, el porte del pedúnculo es colgante y presentan 1 o 2 flores por axila.

Los frutos son de forma acorazonada, el ápice es moderadamente hundido, con cáliz de aspecto no envolvente, presenta cavidad peduncular profunda (Figura 2B). El porte del fruto es colgante, la sinuosidad del pericarpio de la parte basal es débil y la sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal es débil, la textura de la superficie es lisa.

Los frutos medianos miden 6.0 cm de longitud y 7.1 cm en la parte más ancha. A nivel de placenta la forma en sección transversal es angular y no presenta capsaicina. La profundidad de los surcos interloculares es profunda y presenta de 3 a 4 lóculos. El espesor del pericarpio es delgado de 2.6 mm en promedio, la longitud del pedúnculo es de 3.0 cm con espesor de 4.2 mm. La uniformidad de la forma del fruto fue estable hasta el cuarto ensayo. Debido a la forma acorazonada del fruto, se va a solicitar el registro con la denominación Puksikal, que significa corazón en maya.

El rendimiento se evaluó en 4 fechas de establecimiento: octubre de 2019, julio de 2021, noviembre de 2022 y octubre de 2023. La cosecha inició de 70 a 105 días del trasplante (108 a 142 días después de la siembra). El rendimiento fue de 19.2 a 24.7 ha⁻¹ (Cuadro 3), pero puede alcanzar hasta 28.5 ha⁻¹ si durante la producción el ataque de plagas como mosca blanca, piojo harinoso y ácaros es bajo.



Cuadro 3. Producción de fruto fresco de chile dulce accesión P32 cultivado en invernadero en Mocoehá, Yucatán en 4 fechas de siembra. 2018-2023.

Fecha de trasplante	Trasplante a cosecha (días)	Cosecha dds	Rendimiento t ha ⁻¹	Frutos chicos (%)	Frutos medianos (%)	Frutos grandes (%)
04 oct 2019	70	3.0	28.5	20.1	31.6	48.2
27 jul 2021	83	4.0	24.7	16.2	23.0	60.8
18 nov 2022	105	2.5	19.2	51.2	30.1	18.7
27 oct 2023	97	2.5	19.3	40.7	24.9	34.4

Accesión P107

Se realizaron 6 ciclos de evaluación. El primer ensayo se estableció el 4 de octubre de 2019, se evaluó rendimiento y forma de fruto. Los siguientes ensayos se establecieron con semilla de las plantas con características de fruto similares empleando un método de mejoramiento de selección masal en las fechas 24 de septiembre de 2020, 27 de julio de 2021, 4 de enero de 2022, 18 de noviembre de 2022 y 27 de octubre de 2023. En los ensayos de julio de 2021 y octubre de 2023 se evaluó el rendimiento además de la caracterización morfológica.

La planta es de tamaño alto y porte semierecto, el tallo es de color verde y presenta antocianinas en los nudos con intensidad media y pilosidad ausente o muy débil. Las hojas son de forma lanceolada, de color verde, con tamaño promedio de 17.5 de longitud y 6.5 cm de ancho.

Las flores son de color blanco y se presentan de una a dos flores por axila, las anteras presentan pigmentación antocianina, el porte del pedúnculo es colgante.

El fruto es de forma trapezoidal con cavidad peduncular de profundidad media y ápice moderadamente hundido, con cáliz de aspecto no envolvente (Figura 2C). El porte del fruto es colgante, la sinuosidad del pericarpio de la parte basal es ausente o muy débil y la sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal es débil, la textura de la superficie es lisa. Los frutos de tamaño mediano pueden tener aproximadamente 7.3 cm de largo y 7.1 cm de ancho. Son de color verde, cambian a rojo al madurar y no presentan capsaicina. La profundidad de los surcos interloculares es profunda, predominan los frutos con 3 lóculos, el espesor del pericarpio es de 3.10 mm y la longitud del pedúnculo es de 2 cm. La uniformidad de la forma del fruto fue estable hasta el sexto ensayo.

La cosecha inició de 70 a 97 días después del trasplante (108 a 120 días después de la siembra). El periodo de cosecha fue de 2.8 a 3.2 meses, durante el cual, el rendimiento fue de 22.1 a 22.8 toneladas por hectárea (Cuadro 4). En los ensayos de 2019 y 2021 se observa que el mayor porcentaje de frutos producidos fue de tamaño grande, en contraste, en de 2024 el menor porcentaje se obtuvo en los frutos grandes. Esta reducción en el tamaño del fruto se relaciona con las condiciones de alta temperatura que se tuvo al final de la etapa productiva, esto es, en los meses de abril y mayo de 2024.

Cuadro 4. Producción de fruto fresco de la accesión P107 cultivado en invernadero en Mocochá, Yucatán en 3 fechas de siembra. 2019-2023

Fecha de trasplante	Trasplante a cosecha (días)	Cosecha dds	Rendimiento t ha ⁻¹	Frutos chicos (%)	Frutos medianos (%)	Frutos grandes (%)
04 oct 2019	70	3.2	22.6	28.7	24.7	46.6
27 jul 2021	83	2.8	22.1	16.2	27.9	55.9
27 oct 2023	97	3.0	22.8	35.4	38.1	26.5

Comparación entre las accesiones

Las 3 accesiones tienen varios caracteres similares, por ejemplo, el porte semierecto de la planta, la presencia de antocianinas en los nudos, la presencia de 1 a 2 flores blancas por axila, porte colgante del pedúnculo, pigmentación antociánica de las anteras. También hay caracteres similares entre dos accesiones, pero diferente en una, por ejemplo, las plantas de las accesiones YAXCH y P107 son de tamaño alto y la planta de P32 es de tamaño bajo, la forma de las hojas de YAXCH es oval y la hojas de P32 y P107 son de forma lanceolada.

La principal característica que distingue a estas accesiones es la forma del fruto, aunque los frutos de las 3 accesiones presentan cáliz de aspecto no envolvente, porte de fruto colgante, la textura de la superficie lisa y surcos interloculares profundos, la forma del fruto en sección longitudinal muy diferente, la forma es plana en la accesión YAXCH, acorazonada en P32 y trapezoidal en P107 (Figura 2). Estas formas también son diferentes a las formas reportadas de frutos alargados de la población ITCD-183 (Ix-Nahuat et al., 2013) y cuadrados del cultivar D-210 (Chi-Kantún et al., 2017). Debido a su forma, los frutos de las accesiones YAXCH y P32 son más anchos que largos, mientras que los frutos de P107 son más largos que anchos. Además, el grosor de pericarpio es mayor en la accesión YAXCH, lo cual, añadido al mayor tamaño de fruto, da un mejor comportamiento en el rendimiento.

Los rendimientos de YAXCH fueron de 21 a 40 t ha⁻¹, los rendimientos de P32 fueron de 19 a 28 t ha⁻¹ y el rendimiento de P107 fue de 22 t ha⁻¹. Estos rendimientos son similares al reporte de los genotipos experimentales ITCD-209, ITCD-183 e ITCD-29 de 21.1 a 23.5 t ha⁻¹ (Ix-Nahuat et al., 2013), ligeramente mayores al rendimiento de 19.1 t ha⁻¹ a los cultivares D-209 y D-210 reportado por Chi-Kantún et al. (2017) y mayores al reporte de SIAP (2024) de 11.6 t ha⁻¹ a cielo abierto y 20.0 t ha⁻¹ en invernadero.



Figura 2. Frutos en posición longitudinal, cavidad peduncular y ápice de las accesiones de chile dulce YAXCH, P32 y P107 producidos en invernadero en Mocoehá, Yucatán. (A) Forma plana de la accesión YAXCH. (B) Forma acorazonada de la accesión P32 y (C) forma trapezoidal de la accesión P107.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Santamaría, B. F., C. I. Basto P., R. Díaz P., M. J. Zavala L. 2022. Dulce Costillón, variedad criolla de chile dulce. Folleto técnico No. 26. INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Mocochoá. 30 p.

Santamaría, B. F., R. Díaz P., C. I. Basto P., M. J. Zavala L. y F. J. Tut P. 2021. Dulce Costillón y Puksikal Rojo, variedades de chile dulce criollo para Yucatán. P. 47-50. In J. Martínez Herrera, C. Hernández Hernández (eds.) Avances científicos para el desarrollo sostenible del sector agropecuario y forestal. INIFAP.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 18 de junio de 2024].

Spellerberg, I. F. and S. Hardes, S. 1992. Biological conservation. Cambridge University Press. 123 p.

UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). 2020. Sweet pepper, hot pepper, paprika, chili UPOV Code(s): CAPSI_ANN. Capsicum annuum L. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Geneva. 55 p.

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2018. Ají, chile, pimienta. Código de la UPOV: CAPSI_ANN. Capsicum annuum L. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ginebra. 53 p.

Zamarripa, C. A., E. Cruz C., P. Medina A. y M. López S. (eds.) 2022. Agenda Nacional de Investigación 2022-2024. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 154 p.

https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/14489_5269_Agenda_Nacional_de_investigaci%c3%b3n_2022-2024.pdf [consultado el 18 de junio de 2024].

DETERMINACIÓN DEL MEJOR PERIODO DE SIEMBRA DEL MAÍZ EN TABASCO

Lorenzo Armando Aceves Navarro^{1*}, Laura Giraldo López¹, Jovan Aricel Velázquez de la Cruz¹, Pedro Pablo Vidal Rodríguez¹, José Luis Arias López¹, Rigoberto Ovilla Jiménez¹, Miguel Arturo Buitrón Broca¹

Resumen

La humedad del suelo es el factor más determinante en la producción de un cultivo. De allí que, un balance hídrico a nivel decenal, es una buena aproximación de la disponibilidad de agua en cada una de las etapas fenológicas del cultivo y su probable efecto sobre el rendimiento final. Así, el objetivo del presente estudio fue mostrar un procedimiento agroclimatológico alternativo fácil y rápido para determinar el mejor periodo de siembra del cultivo de maíz en base a un balance hídrico confiable decenal y el uso de un modelo fenológico aplicable a los maíces tardíos recomendados para Tabasco. Lo anterior permitió determinar aquél periodo de siembra donde se maximizan los rendimientos de maíz (*Zea mays* L.) cuando en el ciclo del cultivo se presentan déficits de humedad (rendimiento alcanzable). Esto se realizó para el área de influencia de cinco estaciones meteorológicas representativas de las cinco subregiones del estado de Tabasco. Los resultados muestran que los mejores periodos de siembra para los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, caen dentro de los periodos recomendados por el INIFAP; y los rendimientos alcanzables coinciden también con lo reportado por el INIFAP para el cultivo de maíz. Los déficits de humedad en las diferentes subregiones, ocasionan pérdidas económicas promedio entre

¹Área de Ciencia Ambiental, Colegio de Postgraduados – Campus Tabasco. * Autor de correspondencia: lanceves@colpos.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

temporal, debido a la variabilidad en la ocurrencia de las lluvias en el tiempo y en su cantidad (Aceves *et al.*, 2021). Este cálculo es posible con datos de precipitación confiable o efectiva (P_{pc}) y de evapotranspiración máxima del cultivo de maíz (ET_x) (Da Mota 1978).

Para determinar el consumo de agua por los cultivos es indispensable calcular previamente, la evapotranspiración de referencia (ET_o). Para su cálculo se han empleado diferentes modelos, dónde los más recomendados a nivel mundial se reportan por (Allen *et al.*, 2006).

Un modelo fenológico es aquel que relaciona cuanta energía en forma de unidades térmicas o grados-día de crecimiento (GDD) se requiere acumular para que el cultivo complete cada una de sus fases y/o etapas fenológicas. Los (GDD) son un indicador de la acumulación de la temperatura por un cultivo a través del tiempo, pueden emplearse para evaluar la viabilidad de un cultivo en alguna región determinada, estimar las etapas de desarrollo del cultivo, predecir su fecha de madurez y definir los mejores tiempos para aplicar fertilizantes o controles de plagas (Ruiz, 2018).

El objetivo del presente estudio es detallar un procedimiento agroclimatológico alternativo para determinar de manera fácil y rápida, los mejores periodos de siembra del cultivo de maíz (periodos confiables) para los ciclos primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I) en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

Área de estudio. Este estudio se realizó en el estado de Tabasco que se localiza geográficamente en la región sureste de la República Mexicana, entre las latitudes 17°15' y 18°39' de Latitud Norte; y los 91°00' y 94°17' de Longitud Oeste. Limita al Norte con el Golfo de México, al Este con la República de Guatemala; al Sur con el Estado de Chiapas y la República de Guatemala y al Oeste con el estado de Veracruz (INEGI, 2017).

Obtención de datos climatológicos. Se seleccionaron datos climatológicos diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación de al menos 30 años, de cinco estaciones meteorológicas representativas de cada una de las cinco subregiones del estado (SMN, 2023). Las estaciones fueron: 27037 Pueblo Nuevo, Centro con 49 años de registro; 27011

Dos Patrias, Tacotalpa con 43 años; 27039 Samaria, Cunduacán con 41 años; 27050 Tres Brazos, Centla con 33 años; y 27047 Tenosique, Tenosique con 31 años de registro.

Manejo de los datos climatológicos. Los datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima se agruparon en decenas y se les calculó su media y el valor acumulado de los GDD base 10, también por decena. En el caso de la precipitación se obtuvo su valor total para cada decena y se le calculó su media y desviación estándar, para un posterior cálculo de probabilidades.

Las variables del clima que no se registran en la mayoría de las estaciones meteorológicas de Tabasco, y que son requeridas para la estimación de los rendimientos máximos y alcanzables de maíz, se estimaron a partir de datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y la latitud de la estación meteorológica selecta. Las variables estimadas fueron la temperatura promedio, la irradiación extraterrestre, la irradiación solar global, la evapotranspiración de referencia y la evapotranspiración máxima. Los datos diarios se agruparon en decenas para su análisis.

Procedimiento general. Se realizó un balance hídrico confiable decenal para determinar en cuales decenas del año hubo déficit hídrico. Al definir una fecha de siembra en particular, el modelo fenológico determina la duración del ciclo del cultivo y la duración de cada una de las tres etapas fenológicas del maíz. De manera que, se puede determinar en qué etapa ocurrieron déficits y con ello determinar el impacto de estos déficits sobre la reducción del rendimiento para esa fecha de siembra.

Cálculo del balance hídrico confiable decenal. El balance hídrico confiable es aquél que utiliza el valor de la precipitación decenal con un 75% de probabilidad de excedencia en lugar del valor promedio. La ecuación que describe el cálculo del balance hídrico confiable decenal se muestra en la ecuación (1) siguiente.

$$BHC_i = (SW_i + Ppc_i) - ETx_i \quad (1)$$

Donde:

BH_{Ci} = Balance hídrico confiable de la decena actual i , (mm);

SW_i = Reserva de humedad aprovechable teórica en el suelo, al inicio del período “i”, a la profundidad de un metro (mm);

Ppc_i = Precipitación confiable o efectiva de la decena actual i , (mm) que es aquella con una probabilidad de excedencia del 75%. (Hargreaves, 1974).

ETx_i = Evapotranspiración máxima del cultivo de maíz de la decena actual i , (mm)

i = Período de tiempo escogido (decena).

Si el valor de BHc_i para una decena en particular, tiene un valor negativo, entonces se tiene un déficit de humedad para esa decena.

En el presente estudio se calculó el balance hídrico confiable para todas las decenas del año. El balance inició en la primera decena del mes de noviembre después de las abundantes lluvias de octubre que garantizan que la humedad del suelo está a su máxima capacidad, esto es equivalente a un SW_i de 100 mm de humedad aprovechable por un metro de profundidad de suelo de acuerdo a lo reportado por Palma *et al.* (2007), para las texturas predominantes en los suelos de Tabasco. Con ello, se determinaron los montos de los déficits de humedad para todas las decenas del año. Esto permitió conocer los periodos de déficit de humedad en las diferentes etapas fenológicas del maíz para diferentes fechas de siembra y calcular su impacto sobre el rendimiento (rendimiento alcanzable) utilizando la ecuación de Stewart reportada por Steduto *et al.* (2012).

Cálculo de la precipitación confiable (P_{pc}). El cálculo de la precipitación confiable o efectiva decenal se realizó con la ecuación propuesta por Aceves (2024), aplicable a la función de distribución de probabilidades (FDP) Gamma-Incompleta.

$$Ppc = P_m + (-0.7328 * s_x) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde, P_{pc} es la precipitación confiable, que de acuerdo con Hargreaves (1974), es equivalente a la precipitación efectiva con una probabilidad de excedencia del 75%; P_m es la precipitación total promedio decenal (mm); -0.7328 es el valor del factor de frecuencia para esa probabilidad (adim.); y s_x es la desviación estándar de la precipitación decenal (mm).

Esta precipitación confiable, de acuerdo con Da Mota (1978) y Hargreaves (1974), indica la fiabilidad de las precipitación y con conduce a una mejor toma de decisiones en las actividades agrícolas, que el considerar la precipitación total.

Cálculo de la evapotranspiración máxima del cultivo de maíz (ETx). Para calcular los valores diarios de ETx se utilizó la ecuación siguiente:

$$ETx = ETo * Kc \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde, *ETx* es la evapotranspiración máxima (mm d⁻¹); *ETo* es la evapotranspiración de referencia (mm d⁻¹); y *Kc* es el coeficiente de desarrollo del cultivo de maíz (adim.) con valores de 0.40, 1.3 y 0.5 para la etapa vegetativa, reproductiva y de madurez respectivamente.

Para calcular *ETo* se utilizó la ecuación (52) reportada y detallada por Allen *et al.* (2006), cuando no se cuenta con datos de irradiación solar global (*R_g*).

$$ETo = 0.0023 * (T_m + 17.78) * (T_{max} - T_{min})^{0.50} * R_a \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde, *T_m* es la temperatura media diaria del aire (°C); y *T_{max}* es la temperatura máxima diaria (°C); *T_{min}* es la temperatura mínima diaria (°C); y *R_a* es la irradiación solar extraterrestre diaria (MJ m⁻² d⁻¹).

Los mismos autores en esa publicación también detallan su cálculo paso a paso en el Ejemplo 20.

Cálculo de la irradiación extraterrestre diaria (*R_a*). El cálculo diario de *R_a* se realizó utilizando las ecuaciones (21), (22), (23), (24) y (25) reportadas y detalladas por Allen *et al.* (2006). Esos mismos autores también muestran su cálculo paso a paso en el Ejemplo 8 de la misma publicación.

Todos los valores diarios calculados anteriores, se agruparon en decenas para obtener los valores decenales de *ETo* y *ETx* y realizar el balance hídrico confiable de la ecuación (1).

Modelos fenológicos de los maíces tardíos recomendados para Tabasco. En base a lo reportado por Barrón (2008), donde especifica fechas de siembra, días a floración y días a madurez de las variedades e híbridos de maíz recomendados por el INIFAP para Tabasco, es que los autores del presente estudio, desarrollaron los respectivos modelos fenológicos para los maíces tardíos H-513, H-520, 30F94, Z-31, VS-536 y H-519 respectivamente.

Un modelo fenológico es aquel que relaciona cuanta energía en forma de unidades térmicas o grados-día de crecimiento (GDD) se requiere acumular para que el cultivo complete cada

una de sus fases y/o etapas fenológicas. El cálculo de los GDD diarios se realiza con la siguiente ecuación:

$$GDD = (T_m - T_b) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde, T_b es la temperatura base debajo de la cual no hay crecimiento. El valor de T_b para los maíces de Tabasco es de 10°C .

Cálculo del rendimiento máximo. Para calcular el rendimiento máximo para cada una de las fechas de siembra simuladas se utilizó el modelo de Monteith y Moss (1977) siguiente:

$$T_n = RFA * \epsilon * f \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde, T_n es la tasa neta de asimilación diaria ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$); RFA es la irradiación fotosintéticamente activa ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); ϵ es la eficiencia fotosintética de conversión para el maíz (C_4) con un valor de 2.5 g MJ^{-1} ; y f es la fracción de la irradiación interceptada por el cultivo de maíz.

Cálculo de la Irradiación fotosintéticamente activa (RFA). Para calcular el valor diario de la RFA, se utilizó la ecuación propuesta por Iqbal (2012) siguiente:

$$RFA = 0.46 * R_g \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde, R_g es la irradiación solar global diaria ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Cálculo de la irradiación solar global diaria (R_g). Para el cálculo de R_g se utilizó la ecuación (50) reportada y detallada por la Allen *et al.* (2006) siguiente:

$$R_g = K_{Rs} * (T_{max} - T_{min})^{0.50} * R_a \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde, K_{Rs} es un coeficiente de ajuste cuyo valor es igual a $0.16 (^{\circ}\text{C})$;

Esos mismos autores también muestran su cálculo paso a paso en el Ejemplo 15 de la misma publicación.

$$f = 0.95 * [1 - \text{Exp}(-Ke * IAF)] \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde, 0.95 es un coeficiente de ajuste (adim.); Ke es el coeficiente de extinción del maíz con un valor estimado de 0.70 ; IAF es el índice de área foliar (Adim.) del maíz reportada en la Figura (8) del estudio FAO de Riego y Drenaje No. 56 (Allen *et al.* (2006).

Este modelo asume que el cultivo no tiene déficits de humedad durante todo su ciclo y que su rendimiento solo depende de los anteriores factores.

Todos los valores diarios de las variables involucradas en el cálculo de T_n se acumularon por decena y durante todo el ciclo del cultivo.

Cálculo del rendimiento alcanzable. El rendimiento alcanzable asume que el único factor que limita el rendimiento es el déficit de humedad, cuyo impacto depende de la etapa fenológica en que ocurre dicho déficit. Su cálculo se realiza con la ecuación siguiente:

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \prod_{i=1}^3 \left[1 - Ky_i * \left(1 - \frac{Ppc_i}{ETx_i} \right) \right] \quad (\text{Ecuación 10})$$

Dónde, Y_a es el rendimiento actual (Mg ha^{-1}); Y_m es el rendimiento máximo (Mg ha^{-1}); I es el símbolo de producto; i es el número de la etapa fenológica (1 = vegetativa, 2 = reproductiva y 3 = madurez y llenado de grano); Ky_i es un valor del factor de sensibilidad al déficit de humedad de cada etapa fenológica (adim.) reportados por Steduto *et al.* (2012) con valores de 0.4, 1.3 y 0.5 para las etapas vegetativa, reproductiva y de madurez respectivamente.

Fechas de siembra. De acuerdo con Barrón (2008), el INIFAP recomienda un periodo de siembra para maíz en el ciclo primavera-verano (P-V) que inicia el 15 de mayo y termina el 30 de junio. En cambio, para el ciclo de otoño-invierno (O-I) el periodo de siembra inicia el 15 de noviembre y termina el 15 de enero. Con base en lo anterior, se simulaban 7 fechas de siembra para el ciclo (P-V), iniciando con el último día la primera decena de mayo hasta el último día de la primera decena de julio. Para el ciclo (O-I) se realizaron 9 simulaciones, iniciando con el último día la primera decena de noviembre y terminando con el último día de la última decena de enero.

A cada fecha de siembra se le determinó la duración del ciclo del cultivo y las duraciones de las 3 etapas fenológicas del maíz; utilizando para ello un modelo fenológico específico para los maíces tardíos recomendados para Tabasco. Se seleccionó el mejor periodo de siembra como aquel periodo confiable con al menos 75% de probabilidad de excedencia de ocurrir, que se integra con el menor déficit de humedad y el mayor rendimiento relativo respecto a un rendimiento máximo.

Resultados y discusión

Modelo fenológico. Los maíces tardíos recomendados por el INIFAP para el estado de Tabasco, requieren acumular 1580° (GDD₁₀) para llegar a su etapa de madurez. El modelo fenológico correspondiente se muestra en la ecuación (11):

$$Y = -0.0701 + 0.0063 * X \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde, Y es el número de la fase fenológica de los maíces tardíos recomendados para Tabasco; y X son los grados-día de crecimiento base 10, que se necesita acumular para cada fase, a partir de la fecha de siembra.

El ciclo de cultivo de maíz se divide en tres etapas: Vegetativa (que va de la fase 0 a la 2.5); Reproductiva (que va de la fase 3 a la 7); y la de Madurez y llenado de grano (que va de la fase 8 a la 10). En el Cuadro 1, se muestra los GDD₁₀ requeridos para cada una de las tres etapas fenológicas de los maíces tardíos recomendados para Tabasco.

Cuadro 1. Etapas fenológicas de los maíces tardíos recomendados para Tabasco y sus GDD₁₀ acumulados desde la siembra.

Etapa fenológica	GDD ₁₀ acumulados desde la siembra
Vegetativa	445
Reproductiva	1105
Madurez y llenado de grano	1580

En el Cuadro 2, se muestran los rendimientos máximos de maíz - (sin déficit de humedad) – para el mejor periodo de siembra – (periodo confiable) -, para los ciclos primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I) en las cinco estaciones selectas. El mejor periodo de siembra (periodo confiable) en el ciclo (P-V) fue la última decena de junio y la primera decena de julio. En este Cuadro 2, se aprecia que, el ciclo primavera-verano (P-V) fue un poco mejor que el ciclo (O-I) para la producción de maíz en todas las estaciones selectas; con un

rendimiento promedio de 7.2 Mg ha^{-1} , debido a la diferente radiación incidente que es menor el ciclo (O-I). Se aprecia también en este cuadro, que las diferencias en los rendimientos entre localidades y entre ambos ciclos de cultivo, no sobrepasan los 0.4 Mg ha^{-1} . El periodo de siembra confiable para el ciclo (P-V) coincide con lo reportado por Aceves-Navarro *et al.* (2021) y cae dentro del periodo reportado por Barrón (2008). Mientras que el periodo de siembra confiable en el ciclo (O-I) fue la primera decena y segunda decena de noviembre; que coincide en parte con lo recomendado por el INIFAP para los híbridos y variedades de maíz en Tabasco (Barrón, 2008).

Cuadro 2. Rendimiento máximo promedio de los maíces recomendados para el estado de Tabasco (Mg ha^{-1}), en el mejor periodo de siembra de los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, en el área de influencia de las cinco estaciones meteorológicas selectas.

Estación meteorológica	Periodo de siembra*	
	Primavera-Verano	Otoño-Invierno
Pueblo Nuevo	7.1	6.3
Dos Patrias	7.3	7.2
Samaria	7.0	7.0
Tres Brazos	7.1	6.8
Tenosique	7.4	7.3
Promedio	7.2	7.0

(*) Última decena de junio y primera decena de julio para el ciclo primavera-verano; Primera y segunda decena de noviembre para el ciclo otoño-invierno.

En el Cuadro 3, se muestra el rendimiento alcanzable, limitado por agua, para el cultivo de maíz fue siempre mayor en el ciclo (P-V). En el periodo confiable en el ciclo (P-V) se tuvo la mayor producción de maíz, con un rendimiento alcanzable promedio de 6.2 Mg ha^{-1} , destacando la estación de “Dos Patrias” de la subregión Sierra con 7.3 Mg ha^{-1} . Los rendimientos estimados para este periodo de siembra, son similares a lo reportado por el INIFAP (Barrón, 2008) para los híbridos y variedades de maíz recomendadas para el estado de Tabasco. El periodo de siembra confiable del ciclo (O-I), tuvo un rendimiento promedio de 4.9 Mg ha^{-1} y coincide con el periodo de máxima precipitación disponible; ya que a partir

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field of green plants, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of green plants, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

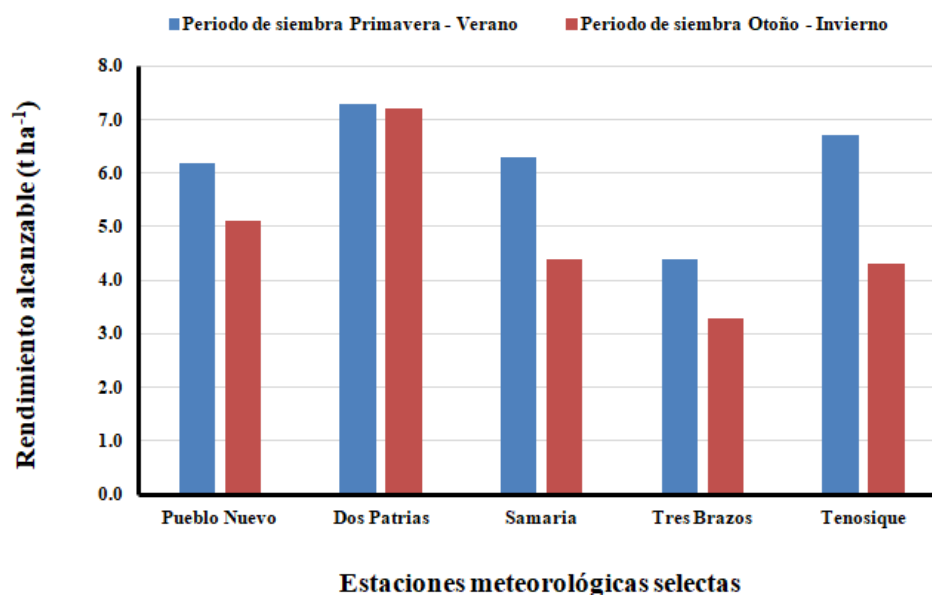


Figura 1. Relación entre los rendimientos alcanzables de maíz en los mejores periodos de siembra en los ciclos (P-V) y (O-I), para el área de influencia de las cinco estaciones meteorológicas selectas en el estado de Tabasco, México.

En la misma Figura 2, se muestra que excepto la estación de Dos Patrias, las diferencias entre el rendimiento máximo y el alcanzable, fueron mayores en el ciclo otoño-invierno en el área de influencia de las 4 estaciones restantes. Una vez más, la estación de Tres Brazos mostró las mayores diferencias. Exceptuando a Dos Patrias, la diferencia entre rendimiento fluctuó entre 0.7 a 2.7 Mg ha⁻¹ en el ciclo primavera-verano y entre 1.1 y 3.5 Mg ha⁻¹ en el ciclo otoño-invierno.

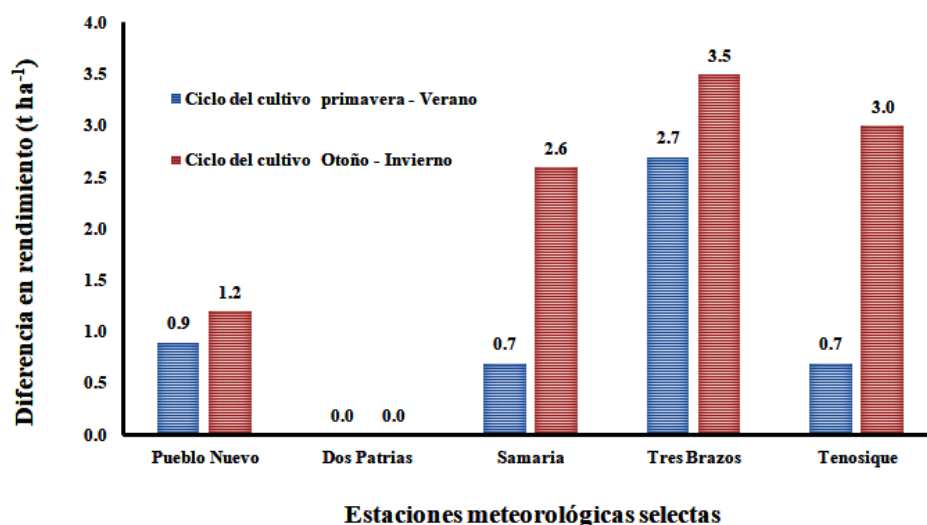


Figura 2. Diferencia entre los rendimientos de maíz bajo riego y temporal para el mejor periodo de siembra en los ciclos (P-V) y (O-I) en las cinco estaciones meteorológicas selectas del estado de Tabasco, México.

Traduciendo estas diferencias en términos económicos, las siembras de temporal muestran que el productor deja de ganar entre \$6,987 y \$26,946 por hectárea para el ciclo (P-V). Mientras que en el ciclo (O-I) estas pérdidas fluctúan entre \$11,976 y \$34,930, de acuerdo al precio de garantía del maíz (SEGALMEX, 2023). Si se suman las pérdidas de ambos ciclos de cultivo esto se eleva casi a \$19,000 por año, en el mejor de los casos (Pueblo Nuevo), y a casi \$33,000 y \$37,000 en los casos de la estación representativa de la Chontalpa y Ríos respectivamente. Mientras que en el área de influencia de la estación Tres Brazos, se tiene el caso extremo, con una pérdida de \$61,876. Estas cifras son solo orientativas para un futuro análisis financiero sobre la posibilidad de introducir el riego de auxilio.

Conclusiones

El procedimiento agroclimático propuesto define el mejor periodo de siembra bajo condiciones de temporal, para los ciclos (P-V) y (O-I) y se realiza en tan solo una semana de análisis del balance hídrico confiable y el uso de modelos fenológicos del cultivo en cuestión. El mejor periodo para el ciclo (P-V) fue la última decena de junio y primera decena de julio. Mientras que en el ciclo (O-I) el mejor periodo de siembra fue la primera y segunda decena de noviembre. En ambos periodos el rendimiento alcanzable fue el máximo y caen dentro del periodo recomendado por el INIFAP. También los rendimientos alcanzables estimados coinciden con lo reportado por el INIFAP para el cultivo de maíz. Los déficits de humedad aún en el mejor periodo de siembra y para las diferentes subregiones, hacen que el productor deje de ganar en promedio entre \$19,000 a \$62,000 por hectárea y por año agrícola. Valores guía útiles para un futuro análisis de inversión en un sistema de riego de auxilio.

Literatura Citada

Aceves-Navarro, L. A., Arrieta-Rivera, A., Calao-León, N. S., Francisco-Santiago, S. P., Valencia- Peñaloza, E., & Yzquierdo-Álvarez, M. E. 2021. Procedimiento agroclimático para determinar el inicio del periodo de siembra: Caso, maíz (ciclo primavera-verano) en Huimanguillo, Tabasco. En Avances Científicos para el Desarrollo Sostenible del Sector Agropecuario y Forestal. INIFAP. p. 59-62. ISBN: 978-607-37-1395-5.

Aceves-Navarro, L. A., Juárez-López, J. F., Arrieta-Rivera, A., Acosta-Pech, R. G. 2024. Un método fácil para calcular la probabilidad de la precipitación total mensual en áreas agrícolas de temporal. XXXV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2024. (En revisión).

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; & Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, No. 56. 298 pp. ISBN 92-5-304219-2 ISSN 1020-4393.

Barrón, F. S. 2008. Manual para la producción de maíz en Tabasco. Folleto para productores Num. 13. Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco. INIFAP-SAGARPA. 26 pp. ISBN: 9786074250190.

Da Mota, F. S. (1978). A dependable agroclimatological water balance. *Agricultural Meteorology*, 19(2-3), 203-213.

Hargreaves, G. H. 1974. Precipitation dependability and potential for agricultural production in Northeast Brazil. EMBRAPA & Utah State University. Logan, Utah. 123 pp.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Agenda Técnica Agrícola de Tabasco. 122 pp.

Iqbal, M. (2012). *An introduction to solar radiation*. Elsevier.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. México. 443 pp.

Monteith, J. L., & Moss, C. J. 1977. Climate and the Efficiency of Crop Production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 281(980). 277-294.
Doi.org/10.1098/rstb.1977.0140

Palma-López D. J., Cisneros D. J., Moreno C. E., Rincón-Ramírez J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 184 p.

Ruiz, M. A. (2018). Las Unidades Calor. *UNISEM*. (on line) [https://semillastodoterreno.com/2018/11/las-unidadescalor#:~:text=Plantas%20y%20animales%2C%](https://semillastodoterreno.com/2018/11/las-unidadescalor#:~:text=Plantas%20y%20animales%2C%20)

20includidos% 20insectos, calor% 20a% 20trav% C3% A9s% 20del% 20tiempo (URL accessed on jul 2020).

SEGALMEX (Seguridad Alimentaria Mexicana). 2023. obtenido en:

<https://www.gob.mx/segalmex>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero. (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En:

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 3 de noviembre de 2023).

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2023. Información estadística climatológica.

SMN-CONAGUA. obtenido en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Steduto, P., Hsiao, T. C.; Fereres, E.; & Raes, D. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. *Estudio FAO: Riego y Drenaje (FAO) No. 66*. 510 pp. E-ISBN 978-92-5-308564-4 (PDF)

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Resumen

¹ / Investigadores del programa de maíz Campo Experimental Cotaxtla CIRGOC INIFAP

²/Investigador del programa de maíz Campo Experimental Iguala, CIRPAS INIFAP

³ /Investigador del programa de maíz Campo Experimental Huimanguillo CIRGOC INIFAP

Palabras clave: Selección recurrente, varianza genética, aditividad

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. El uso principal es el consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Durante 2022, fueron sembradas en México, 7.474 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 6.904 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.90 t ha⁻¹ y una producción de 26.553 millones de toneladas y un consumo *per cápita* aparente de 338.10 kg; De la producción total, se utilizan para el consumo directo 19.35 millones de toneladas; de estas, el 33% es a través de la industria harinera y 67% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; 570 mil hectáreas fueron sembradas para la producción de forraje con rendimiento medio de 30.31 t ha⁻¹ de forraje verde. Así, durante 2022 se importaron 17.40 millones de toneladas de grano amarillo para la industria y en la alimentación de aves y cerdos (SIAP, 2022).

En la región tropical del país se siembran 2.8 millones de hectáreas con maíz, de las cuales, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 91 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego (Espinosa *et al.*, 2019); En esta superficie, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas con buen potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2019).

Las variedades sintéticas de maíz ofrecen la ventaja de mayor adaptabilidad a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores, además, el productor puede usarlas por varios ciclos de siembra sin que se afecte el rendimiento de grano y sin que se modifiquen sus características agronómicas; Así también, es más fácil la producción de su semilla, (Márquez *et al.*, 1983; Reyes 1985; Andrés *et al.*, 2014; Andrés *et al.*, 2016; Sierra *et al.*, 2019; Sierra *et al.*, 2016; Andrés *et al.*, 2017). Sprague (1955) define las variedades sintéticas como las generaciones avanzadas de un híbrido múltiple siendo este formado por más de cuatro líneas e incrementado después por polinización libre. También se define como aquella

que se mantiene por polinización libre, después de su síntesis por hibridación entre un número de genotipos seleccionados (Márquez *et al.*, 1983; Reyes, 1985).

Busbice (1970) señaló que el número de líneas para formar una variedad sintética depende del nivel de endogamia de los progenitores, necesitándose mayor número de líneas cuando estas son muy endocriadas. Kutka y Smith (2007) encontraron que el número de líneas para formar sintéticos varió de 5 a 8. Márquez *et al.*, (1983), con las líneas básicas del programa de maíz del Campo Cotaxtla, encontraron que el número óptimo para formar sintéticos es entre 8 y 12 líneas; estos mismos autores señalan que los mejores sintéticos pueden usarse como fuente de germoplasma, en el mejoramiento poblacional para la obtención de variedades mejoradas y como fuente de derivación de líneas.

El mejoramiento poblacional en el cultivo de maíz aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones y consiste en acumular genes favorables en las características a seleccionar, además genera subproductos que son variedades de polinización libre de alto rendimiento y amplia adaptación y es importante en este tipo de mejoramiento que exista variabilidad genética; para lograr mayor eficiencia en la selección se debe eliminar o reducir el efecto ambiental (Sierra *et al.*, 2019; Márquez *et al.*, 1983).

Al mejorar las poblaciones de maíz, estas adquieren amplia adaptación y relativamente alta tolerancia a factores adversos como insectos, enfermedades, sequía (Lonnquist, 1979). Las frecuencias alélicas pueden ser modificadas por selección y si un gran número de genes está involucrado, los incrementos, por generación son pequeños, para lo cual un mayor número de cambios puede ser logrado por selección recurrente continúa a través de muchos años (Comstock, 1978; Hallauer y Miranda, 1981).

VS-536 se formó mediante la recombinación genética de ocho líneas endogámicas, se inició con la evaluación de cruza dialélicas en varias localidades del trópico de México. Para su formación, se hicieron las cruza simples posibles entre las líneas que intervienen; a la cosecha se hizo un compuesto mecánico balanceado de dichas cruza, posteriormente se hizo la recombinación genética del compuesto en polinización controlada (Sierra *et al.*, 2016). La adaptabilidad de los genotipos permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico (Reyes 1990; Reyes, 1985, Andrés

et al., 2017; Sierra *et al.*, 2018; Márquez, 1992). La variedad sintética VS 536 es la variedad de maíz generada por el INIFAP de mayor uso en el sureste mexicano, por ser esta de dominio público y por tener características de planta y de mazorca favorables, además de su buena adaptación a las condiciones del trópico, es necesario mejorarla para tener un material más uniforme en su fenotipo y tramitar su registro ante el SNICS. Así, en el Campo Cotaxtla, INIFAP, se inició en el 2021, el mejoramiento de esta variedad, a través de selección recurrente con el método de selección masal, método que aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en poblaciones de maíz.

Objetivos: Los objetivos de este trabajo fueron: Mejorar la variedad VS-536 para su rendimiento y características agronómicas y b) Caracterizar la nueva versión mejorada con fines de tramitar su registro ante el SNICS.

Materiales y Métodos

Localización El área tropical húmeda y subhúmeda de México engloba, de acuerdo con García (2004) al grupo climático A, que corresponde a los climas cálidos (Aw0, Aw1, Aw2, Am y Af) y cubre principalmente la región costera del Golfo de México y del Océano Pacífico. Esta región corresponde al área de influencia en la que la variedad de maíz VS-536 se generó, se evaluó, se promovió, se produce semilla y se encuentran localizadas las empresas o grupos semilleros que actualmente producen y distribuyen la semilla certificada y será también, el área de influencia de la versión mejorada de VS-536.

Germoplasma utilizado. La variedad de maíz VS-536 se desarrolló en el Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y se formó mediante la recombinación genética de ocho líneas endogámicas: La línea LE27 derivada de la población Braquíticos, LE36 de la población La posta, LE37 de Tuxpeño Opaco, LE73 Blanco Cristalino, estas líneas fueron formadas en el Campo Experimental Cotaxtla; las líneas D471 y D368 del programa de maíz de Iguala, Gro., finalmente, OCOT2 y LRB14-413-7 son líneas provenientes de los programas de Ocotlan, Jal., y Río Bravo, Tamps., respectivamente (Sierra *et al.*, 2016).

Descripción de los experimentos. Experimentos con diseño de bloques al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones, de los tratamientos evaluados 9 son variedades sintéticas experimentales; VS-536, V-537C, SINT2, SINT3, SINT4, SINT5, TS6, LPS C3 y SINT 8C; 8 cruza varietales de maíz y los híbridos H-520, H-518 y H-567 fueron sembradas en parcelas de dos surcos de 5 m de largo separados a 80 cm en una densidad de 62,500 pl ha⁻¹. Las malezas fueron controladas con base en Atrazina en aplicación preemergente y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. La fertilización se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP en cada localidad; particularmente para localidad de Cotaxtla se utilizó la fórmula 161-46-00, aplicando todo el fósforo y un tercio del nitrógeno al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó en la etapa fenológica de amacollamiento previo al atierre usando Urea como fuente nitrogenada.

Variables y registro de datos. Durante el desarrollo de los experimentos se registraron las variables agronómicas días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, calificación de aspecto y sanidad de planta y de mazorca, utilizando una escala de 1 a 5 donde 1 es lo mejor y 5 lo peor, plantas acamadas, mazorcas con mala cobertura; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, humedad de grano y mazorcas podridas. Por lo que se refiere a la caracterización, se registraron 68 variables tanto cuantitativas como cualitativas, variables agronómicas de plántula, de planta, mazorca, grano de acuerdo con el formato sugerido por el SNICS.

Métodos estadísticos. Los diseños utilizados fueron bloques completos al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado para rendimiento de grano de las variedades sintéticas en los siete ambientes de evaluación (Reyes, 1990). Se obtuvieron los índices ambientales en variedades de maíz para Veracruz y Tabasco para los siete ambientes de evaluación: Cotaxtla 2022B, Carrillo 2023A, Huimanguillo 2023A, Carrillo 2023B, Carrillo 2024A, San Bartolo 2024A y Huimanguillo 2024A

Resultados y discusión

Mejoramiento de la variedad de maíz VS-536. En el Campo Experimental Cotaxtla se trabajó en su mejoramiento mediante el método de selección masal; método que aprovecha la porción aditiva de la varianza genética presente en poblaciones de maíz y que en esencia significa acumular genes favorables de la variedad VS-536 a través de los ciclos de selección. Con este método, los criterios de selección han sido altura de mazorca y planta baja para reducir riesgos de acame, buena carga, buena cobertura de la mazorca, tolerancia al acame, es decir, buena protección del totomoxtle, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca. mazorcas regulares, grano blanco y textura dentada para la variedad sintética VS-536 mejorada (Sierra et al., 2019). La nueva versión de VS-536, presenta plantas sanas, con buen aspecto, Relación altura de mazorca/altura de planta de 0.54, es decir, prácticamente a la mitad, presenta mazorcas con 14 hileras regulares, sanas de color blanco y textura dentada. La selección se realizó en dos momentos del ciclo del cultivo: 1) en planta, cuando esta se encuentra en la etapa fenológica de llenado de grano, marcando las plantas con competencia completa que reúnen características favorables y 2) a la cosecha de estas plantas seleccionadas, las cuales se realizan por separado, seleccionando las mejores mazorcas, siendo esta semilla la que se siembre en los siguientes ciclos de selección. Adicionalmente se aplicó un ciclo de selección recurrente de progenies S1, la ventaja de este método permite eliminar aquellas familias (S1) con efectos no deseables y “limpiar” la variedad.

En el presente año 2024, se cuenta con el quinto ciclo de selección masal y los datos de esta versión mejorada de la variedad VS-536 serán enviados para su registro ante el SNICS como VS-540. En el Cuadro 1, se presenta el proceso de mejoramiento de la variedad VS-536

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

- Rendimiento de grano.** En cuanto al rendimiento de grano, a través de siete ambientes de evaluación tanto en los ciclos primavera verano bajo condiciones de temporal, como otoño invierno en condiciones de tonalmil, siembra que se logra con la humedad residual del temporal y las lluvias ocasionales provocadas por los vientos “nortes”, se encontró que la versión mejorada de VS-536, registró 6.80 t ha⁻¹ de grano, 16% más en relación con el testigo la variedad V-537C (Cuadro 2).

Ambiente	VS-536 mejorada	V-537C
Cotaxtla 2022B	5.63	5.04
Carrillo 2023A	5.38	5.08
Huimanguillo 2023A	4.65	4.94
Carrillo 2023B	7.60	8.20
Carrillo 2024A	9.15	6.06
San Bartolo 2024A	8.75	5.52
Huimanguillo 2024A	6.45	6.34
Promedio	6.80	5.88
% Relativo	116	100

Índices ambientales. En relación con los índices ambientales en variedades de maíz para Veracruz y Tabasco, se registró para los ambientes de Carlos a Carrillo en 2023 B, Carlos a Carrillo en 2024A y San Bartolo 2024A, los mejores índices ambientales, con valores positivos de 1.56, 1.27 y 0.8 y también los mejores rendimientos de grano para estas variedades de maíz y particularmente los índices ambientales más bajos correspondieron a Huimanguillo, Tabasco, en 2023A, Carlos a Carrillo en 2023A y Cotaxtla 2022B. Se observa que las variedades de maíz se adaptan perfectamente en la Cuenca baja del Papaloapan tanto en 2023B como 2024A para el municipio de Carlos A. Carrillo y San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca los mejores índices ambientales y los rendimientos de grano más altos en t ha⁻¹ (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices ambientales de variedades de maíz Veracruz y Tabasco 2022 a 2024

Num	Ambiente	Rend grano t ha ⁻¹	Índices ambientales
4	Carrillo 2023B	7.90	1.56
5	Carrillo 2024A	7.61	1.27
6	San Bartolo 2024A	7.14	0.80
7	Huimanguillo 2024A	6.40	0.05
1	Cotaxtla 2022B	5.34	-1.01
2	Carrillo 2023A	5.23	-1.11
3	Huimanguillo 2023A	4.80	-1.55
	Promedio	6.34	

Rendimiento de forraje. VS-536 su versión mejorada, registró un rendimiento medio a través de cinco ambientes de evaluación de 41.83 t ha⁻¹ de forraje verde para la Variedad Sintética VS-536 mejorada, 14 % más en relación con el testigo la variedad V-537C (Cuadro 4).

4). Cuadro 4. Rendimiento de forraje verde (t ha⁻¹) de VS-536 mejorada

Ambiente	VS-536 mejorada	V-537C
Carrillo 2023A	38.31	40.87
Carrillo 2023B	51.83	43.20
Carrillo 2024A	51.63	34.73
San Bartolo 2024A	45.87	40.00
Valle Nacional 2024A	21.5	24.0
Suma	209.14	182.8
Promedio	41.83	36.56
% Relativo	114	100

Características agronómicas. VS-536 mejorada presenta altura de planta y de mazorca intermedia con 232 y 132 cm para cada variable, respectivamente, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.56, es decir, prácticamente a la mitad, ciclo biológico intermedio con 52 a 54 días a la floración, 80 a 90 días a la madurez fisiológica y 120 días de la siembra a cosecha durante el ciclo primavera verano, presenta buena cobertura de la mazorca, con buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, mazorcas con 14 hileras regulares, de forma cilíndrica, sanas con grano de color blanco crema y textura dentada. Por su rendimiento y características agronómicas la versión mejorada de VS-536 se propone su registro ante el SNICS como VS-540 (Cuadro 5, Fotos 1 y 2)

Cuadro 5. Características agronómicas de planta y mazorca de variedad sintética VS-536 mejorada

Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	Asp ^{1/} pl	Asp ^{1/} mz	San ^{1/} pl	San ^{1/} mz	% cob	% Pod	Alt mz/ Alt pl
VS-536 mejorada	52	232	132	2.5	2.7	1.7	2.5	4.78	3.98	0.56
V-537 C	52	225	115	2.3	2.8	2.5	2.5	5.87	6.98	0.51

Alt pl= Altura de planta en cm; Alt mz= Altura de mazorca en cm; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; San pl= sanidad de planta; San mz= sanidad de mazorca; % Cob= % de mazorcas con mala cobertura; % Pod= % de mazorcas podridas; ^{1/}= Escala de calificación de 1 a 5, donde 1 es lo mejor y 5 lo peor



Fotos 1 y 2. Características agronómicas de planta y mazorca de la variedad sintética VS-536 mejorada

Conclusiones

- a) Por su rendimiento obtenido a través de los siete ambientes de evaluación, la versión mejorada de VS-536 es apta para el doble propósito en la producción para grano y forraje verde para ensilar y ayudar a resolver el problema de alimentación del ganado sobre todo en la época de estiaje.
- b) Por su rendimiento de grano y forraje y características agronómicas de planta y mazorca, la versión mejorada de VS-536 se propone para su liberación oficial como VS-540.

Literatura citada

Andrés M., P.; Vázquez C., M.G.; Sierra M., M.; y Espinosa C., A. 2016. Calidad de grano en variedades sintéticas tropicales de maíz. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* Vol.3 (8): 9-16

Andrés M., P.; Sierra M., M.; Mejía C., A.; Molina G., J.D.; y Espinosa C., A. Gómez M., N.O.; Valdivia B., R. 2014. Genotype-environment interaction in tropical maize varieties developed for the tropical Region of Veracruz, Mexico. *Interciencia* Vol. 39 (3): 180-184

Andrés M., P.; Vázquez C., G.; Sierra M., M.; Mejía C., J.A.; Molina G., J.D.; Espinosa C., A.; Gómez M., N.; López R., G.; Tadeo R., M.; Zetina C., P.; Cebada M., M. 2017. Genotype environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. *Interciencia* Vol 42 (9): 578-585.

Busbice T., S. 1970. Predicting yield of synthetic varieties. *Crop science*. Vol (10): 265-269

Hallauer A., R. and J.B Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University press.

Comstock R., E. 1978. Quantitative genetics in maize breeding. In: International Maize Symposium Genetics and breeding Urbana-Champaign University of Illinois.

Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Turrent F., A.; Zamudio G., B.; Valdivia B., R.; Sierra M., M.; Gómez M., N.; Virgen V., J.; Mora G., K.Y. 2019. Producción de maíz y soberanía alimentaria en el contexto del deterioro ambiental de México. En: Economía política de la

Sprague, G. F. 1955. Corn breeding. In: George F. Sprague (ed.) Corn and Corn Improvement. Academic Press Inc., New York. p. 221-292.

EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE VARIEDADES DE FRIJOL BAJO FERTI-RIEGO EN EL VALLE DE OAXACA

José Rafael Contreras Hinojosa¹, Francisco Javier Ugalde Acosta², Sabel Barrón Freyre³

Resumen

El frijol se cultiva en todos los estados del país, tanto como unicultivo o asociado con otros y su consumo es la principal fuente de proteína de las familias rurales. La producción nacional es insuficiente para solventar la demanda, principalmente de cultivares de color negro, de tal modo que el país requiere de la importación de estos. Con el fin de evaluar la adaptación de cultivares liberados por el INIFAP provenientes de la zona cálida de Veracruz y Chiapas, en el año 2023 se estableció en los Valles Centrales de Oaxaca un módulo de observación de 17 genotipos nacionales y una del extranjero, cultivados bajo condiciones de ferti-riego. Algunas variedades requirieron más días para el inicio de floración, ya que a los 44 días las variedades Negro Medellín, Negro Michigan, Negro Huasteco, Negro Tropical, Negro Albicampo y Negro Rubí aún no habían iniciado su floración. La parcela se estableció en San José Guelatová de Díaz, Oax. los mayores rendimientos los 3,112 y 2,918 kg/ha, respectivamente, con lo cual, se demuestra que la característica de tolerancia a suelos ácidos, condición donde se generaron las variedades, no afectó el desarrollo y rendimiento de estas. En esta localidad y con 21 productores se realizó un estudio de preferencia de las variedades con base en la morfometría de planta y grano. Para los productores, fue positiva su percepción sobre el desarrollo de planta de las variedades, que por lo general fueron de hábito de crecimiento II que las vainas quedan en el aire y no en la tierra al madurar, con excepción del cultivar de la cruz Negro Jamapa X J117-10, el cual se comportó como de hábito III, sin embargo, fue la única seleccionada por su apariencia externa de color de grano brillante y el

¹ Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ² Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ³ Campo Experimental Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

*Autor para correspondencia: contreras.jose@inifap.gob.mx

resto son opacos. La variedad Negro Tropical, en cerca del 10% del grano cosechado se observó la presencia de moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), enfermedad no vista en los granos locales.

Palabras clave: adopción, cocción, preferencia, rendimiento.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al igual que el maíz (*Zea mays* L.) son alimentos imprescindibles en la dieta de los mexicanos y ambos se cultivan solos o asociados en todas las regiones del país. Del frijol existe gran variación de forma, tamaño y color de grano y su consumo tiene distinciones por estos aspectos, por lo general se prefieren de tamaño pequeño; en el centro y norte del país se consumen frijoles de color claro (bayos) y pintos, mientras que en el sur predominan los de color negro, todos ellos aportan beneficios para la salud (Ganesan y Xu (2017) Con base en estudios de marcadores moleculares en 155 colectas de frijol silvestre y cultivado en el país, se determinó que el frijol fue domesticado en áreas de las cuencas de los ríos Lerma-Grande de Santiago en la región Centro-Oeste de México y cuenca del río Balsas (Kwak *et al.*, 2009), misma cuenca que considera que el maíz y su domesticación data a 9,000 años, pero en las partes altas (Matsuoka *et al.*, 2002), integrándose estos con la calabaza (Smith, 1997) como un cultivo múltiple, denominado milpa, el cual fue difundido a otras regiones mediante corredores biológicos, asociados a los ríos (Zizumbo-Villarreal y Colunga-GarcíaMarín, 2010).

El género *Phaseolus*, pertenece a la familia Fabaceae, es de origen americano y comprende 30 especies, de las cuales solo cinco fueron domesticadas, *P. acutifolius* A. Gray, *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenman y *P. vulgaris* (Singh, 2001). Como centros primarios de domesticación de frijol se consideran dos grupos de germoplasma; el de Mesoamérica, que considera las razas Durango, Jalisco y Mesoamérica, mientras que el grupo de los Andes suramericanos se tienen las razas Chile, Nueva Granada y Perú (Singh *et al.*, 1991). En México se reconocen cinco grupos de *P. vulgaris* distribuidos desde Chiapas

hasta Coahuila, con diferente forma, color, tamaño y peso, de este modo, se tienen cultivares que 100 granos pesan desde 15 a 55 g, el número de granos por vaina oscilan desde 2 a 8, mientras que los días de siembra a madurez oscila desde 95 a 160 días (Cárdenas Ramos, 1984). Con base en información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), en el año 2020 en el estado de Oaxaca, bajo condiciones de riego y temporal se cultivaron 30,106 hectáreas, con un rendimiento promedio de 0.658 kilogramos por hectárea, ubicándose en la Mixteca y en los Valles Centrales las mayores superficies de cultivo con 12,957 y 7,835 hectáreas, respectivamente. Mientras que en el país en el año 2020 se cultivaron 1,414,521 hectáreas con frijol, para una producción nacional estimada en 1,279,170 toneladas, siendo el estado de Zacatecas el principal productor con el 46% de la superficie. La producción nacional es insuficiente para solventar el consumo interno de este grano, por lo que se debe de importar el déficit y bajo esta circunstancia, en el año 2023 se importaron 313,000 toneladas, que representan un 272% mayor que la cantidad importada en el año 2022 (El Financiero, 2024). Los cultivares dominantes que se cultivan en el estado de Oaxaca son considerados nativos, denominados frijol “delgado” o de “tierra”, cuyas guías al madurar, por lo general se encuentran en el suelo, dominando el Tipo III (Singh, 1981).

Su rendimiento se considera que se puede aumentar sustancialmente, mediante el uso de variedades mejoradas, las cuales son generadas con base en la hibridación y la selección de cultivares, por lo tanto, el objetivo del mejoramiento genético en frijol es hacer más productivo, más rentable y más confiable su cultivo mediante la incorporación de resistencias genéticas múltiples, hasta llegar a la F4-F5 en el caso de selección de cultivares del frijol tipo arbustivo (Temple, 1979). La adopción de una innovación, en este caso, las nuevas semillas de frijol, es la parte culminante del proceso de transferencia de tecnología. Evidentemente que habrá tecnologías que no se ajusten a las condiciones de los productores, como son por la disponibilidad de materiales y equipo, así como a sus condiciones sociales y económicas. También habrá productores que esperarán un tiempo prudente para ver el funcionamiento de la tecnología, además que habrá algunos productores que sencillamente no les interese, que tienen otras prioridades. Existe incertidumbre en los factores que inciden en la adopción de tecnología, ya que no hay una constante que permita tener certeza de lo que requieren hacer

las instituciones de investigación y educación. Bass (1969) propuso un modelo de adopción de productos domésticos, en donde se consideran dos tipos de comportamiento de los probables adoptantes, por un lado, se tienen a los innovadores, los que en primera instancia adquieren los productos y, por otro lado, se tienen a los imitadores, aquellos que esperan el tiempo suficiente para recibir información de sus redes sociales para que con certeza adquieran los productos. Rogers (1983) integra un modelo de adopción de tecnología con base en el tiempo en que adoptan esta y clasifica a los adoptantes en innovadores, adoptadores primarios, mayoría temprana, mayoría tardía y retardados. Davis (1987) considera que la adopción de innovaciones tecnológicas, además del diseño del producto, la percibida utilidad y la percibida facilidad de uso son factores determinantes. Algunas tecnologías para ser adoptadas requieren de costos altos, sin embargo, los beneficios se ven a largo plazo.

Las innovaciones son más rápidas de adoptar cuando tienen una alta ventaja relativa sobre la idea o práctica que precede y cuando estas son rápidamente ensayables (Terano *et al.*, 2015).

Evidentemente que la decisión de adoptar una tecnología requiere del tiempo suficiente para ser convencido el productor sobre sus ventajas durante el cual, se tienen diferentes acciones. Rogers (2003) propone un modelo de cinco etapas del proceso de innovación-decisión, el cual es secuencial en tiempo y le permite al productor tomar la decisión de innovar, siendo estas, a) El conocimiento de la tecnología, b) La persuasión que le permite alentar que la tecnología puede ser acorde a sus condiciones, c) La decisión de aceptar o rechazar la tecnología, d) La implementación, etapa donde se pone en práctica la nueva idea y finalmente e) La confirmación, tanto positiva o negativa sobre la decisión a tomar. Cultivares de frijol generados por el INIFAP en Veracruz y Chiapas son de tipo I y II, en los cuales, las ramas se encuentran en el “aire”, lo que facilita su cosecha y que con el manejo se obtienen mayores rendimientos, de este modo, Rodríguez, *et al.* (2021) e Ibarra *et al.* (2021) hacen alusión a mayores rendimientos y tolerantes a suelos ácidos y enfermedades. Que los productores conozcan variedades de frijol que tengan características similares a las que prefieren, pero que además potencialmente alcancen mayor rendimiento, es una estrategia que el INIFAP ha implementado mediante el programa de establecimiento de parcelas o módulos

demostrativos, de este modo, Galindo-González y Zandate-Hernández (2006) con base en dar a conocer 11 variedades de frijol en el estado de Zacatecas, durante tres años las establecieron en parcelas demostrativas. La evaluación del proceso de adopción de tecnología indicó que solo el 2% de los entrevistados las sembraba e indican que esta estrategia se debe complementar con la disponibilidad de semilla, ya que únicamente la observación visual en parcelas demostrativas no es suficiente y se requiere la venta o intercambio de semilla.

Borja-Bravo *et al.* (2020) consideran que únicamente el cambio de semillas no es suficiente y que es recomendable un paquete tecnológico integrado por varios componentes, como es de labranza, captación de agua, método de siembra con altas densidades de población, así como la fertilización biológica y foliar y el control oportuno de malezas, entre otros. Los resultados indican que los factores limitantes para que los productores adopten la tecnología radica principalmente en la disponibilidad de recursos económicos para adquirir la semilla y la falta de maquinaria.

Materials y Métodos

La localidad donde se estableció el ensayo experimental fue en San José Guelatová de Díaz, Oax., en los Valles Centrales.

Mediciones en el suelo. En una muestra compuesta, se determinó el color mediante la comparación de un terrón seco con la tabla de colores de Munsell, mientras que la textura se determinó por el método del densímetro de Bouyoucos, método AS-09, según la NOM-020-2001. En campo el pH y la Conductividad eléctrica se determinaron con un Combo HI98130 pH & EC (Hanna Instruments), en una solución 1:2.0 suelo:agua destilada. El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio se determinó colorimétricamente en campo mediante el kit HI3896 (Hanna Instruments).

Material vegetal. Las variedades de frijol que se evaluaron se presentan en el Cuadro 1, con excepción del Negro Michigan, el resto fueron liberadas por el INIFAP en México y por lo general su ámbito de adaptación es para condiciones cálidas y suelos con pH ácido. El cultivo

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Resultados y Discusión

En San José Guelatová de Díaz, Oax., el agrosistema es suelos claros y oscuros de valle. La altitud sobre el nivel del mar es de 1,480 metros, la pendiente es 0.5%, el pH es de 8.4, la conductividad eléctrica 0.43 dS/m, con textura arenosa (66% arena), contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio medio, medio y medio, respectivamente y color 10 YR 7/4, caracterizado como suelo castaño muy pálido. Por ser suelo arenoso es común tener sequía edáfica, por la condición que estos suelos no retienen mucha humedad. Durante el ciclo agrícola llovieron 193 mm, por lo que se procuró que no le faltara agua al cultivo, aplicando dos riegos por semana.

Además de lo anterior a los 44 días después de la siembra se aplicaron en el sistema de fertiriego, 10 kilogramos por hectárea de nitrógeno en forma de urea disuelta. Algunas variedades utilizaron más tiempo para el inicio de floración, ya que a los 44 días las variedades Negro Medellín Negro Michigan, Negro Huasteco, Negro Tropical, Negro Albicampo y Negro Rubí aún no habían iniciado su floración. La duración del ciclo de cultivo fue de 92 días, con excepción de la variedad Negro Jamapa X J117-10, la cual necesitó 10 días más para que las vainas tomaran color de madurez. En el Cuadro 2 se presentan los valores del número de vainas por planta, estos oscilaron desde 3 hasta 16, no observándose una tendencia de estabilidad, considerando que esta fuera un valor que no oscilara tanto. Los mayores rendimientos los obtuvieron las variedades Negro Verdín, Negro Rubí y Negro Comapa con 3,621, 3,112 y 2,918 kg/ha, respectivamente. Estos rendimientos se consideran extraordinarios comparado con los rendimientos obtenidos por el manejo que se aplica al cultivo en la Mixteca y los Valles Centrales.

Cuadro 2.- Rendimiento y número de vainas por planta de las variedades.

Número	Variedad	Vainas por planta	Rendimiento (kg/ha)
1	Negro Medellín	5 - 12	430*
2	Negro Michigan	9 - 10	1,708
3	Negro Jamapa cecot	8 - 15	2,316
4	Negro Inifap	9 - 14	1,888
5	Negro Cotaxtla 91	7 - 13	1,260
6	Negro Huasteco 81	6 - 11	1,858
7	Negro Comapa	3 - 9	2,918
8	Negro Tropical	4 - 8	2,259
9	Negro Veracruz	8 - 12	1,427
10	Negro 8025	4 - 16	2,711
11	Negro Albicampo	6 - 15	2,340
12	Negro Verdín	6 - 12	3,621
13	Negro Primavera	6 - 12	2,822
14	Negro Tacaná	3 - 10	2,751
15	Negro Rubí	5 - 12	3,112
16	Negro Papaloapan	6 - 15	1,662
17	Negro Jamapa X J117-10	7 - 13	1,735
18	Negro Jamapa X J117-10(3)	6 - 12	738**

*Rendimiento obtenido por efecto de bordo negativo.

**Rendimiento obtenido en tres surcos.

Evidentemente que en general los rendimientos son superiores a los obtenidos localmente, sin embargo, se consideró necesario tomar en cuenta el parecer de los productores sobre la forma de las plantas y el tamaño del grano. Para los productores, fue positiva su percepción sobre el desarrollo de planta de las variedades, que por lo general fueron de hábito de crecimiento II y ellos cultivan III, de tal modo, que las vainas quedan en el aire y no en la tierra al madurar, con excepción del cultivar de la cruza Negro Jamapa X J117-10, el cual se comportó como de hábito III, fue la más tardía, sin embargo, fue la única que fue seleccionada por su apariencia externa de color de grano, que es negro brillante y el resto son negro opaco.

En lo que respecta al tamaño de grano, los productores están acostumbrados al tamaño pequeño, motivo por lo cual prefirieron estas. En el Cuadro 3 se presenta la morfometría del grano de las variedades en estudio, donde se observa que el Negro Primavera, Negro

Veracruz y Negro Albicampo son los menores valores cercanos a los 9.5 mm, mientras que el mayor fue la cruza de Negro Jamapa X J117-10 con 11.26 mm.

Cuadro 3.- Morfometría de las semillas en estudio.

Número	Variedad	Largo (mm)	Grosor (mm)
1	Negro Medellín	9.94	4.40
2	Negro Michigan	9.71	4.64
3	Negro Jamapa cecot	9.92	4.82
4	Negro Inifap	10.98	4.00
5	Negro Cotaxtla 91	10.64	4.38
6	Negro Huasteco 81	9.86	4.60
7	Negro Comapa	10.32	3.96
8	Negro Tropical	10.90	4.94
9	Negro Veracruz	9.44	4.26
10	Negro 8025	9.96	4.48
11	Negro Albicampo	9.58	4.58
12	Negro Verdín	10.74	4.78
13	Negro Primavera	9.32	5.00
14	Negro Tacaná	9.66	4.26
15	Negro Rubí	9.80	4.78
16	Negro Papaloapan	10.06	4.73
17	Negro Jamapa X J117-10	11.26	4.73
18	Negro Jamapa X J117-10(3)	10.74	4.70

Además, hay que considerar que la variedad Negro Tropical, en cerca del 10% del grano cosechado se observó la presencia de moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), enfermedad no vista en los granos locales.

Una condición importante para adoptar una semilla mejorada, además del rendimiento son sus características de tamaño, color y sabor, esta última característica puede cambiar con base en el contenido de nutrientes.

Vaiknoras *et al.* (2019) con el fin de promover la adopción de cultivares de frijol biofortificados genéticamente en su contenido de hierro en Rwanda, encontraron que la entrega de semilla en pequeñas cantidades promueve su adopción, principalmente con mujeres, mientras que cuando se entregaron grandes cantidades la adopción fue menor. Sin

embargo, un menor rendimiento promueve la desadopción y las características de sabor, cocción y almacenamiento poco influyeron.

Algunas variedades de frijol biofortificadas promueven beneficios a la salud, así como beneficios económicos derivados de su mayor potencial de rendimiento, ya que algunas tienen seis veces mayor cantidad de hierro y el doble de zinc (Ogutu *et al.*, 2020), sin embargo, un tamaño y color de grano diferente al de consumo local, puede afectar negativamente su adopción y consideras que habrá mayor adopción cuando los agentes de extensión promuevan la capacitación para la producción y sobre aspectos de nutrición. Aun cuando la percepción de preferencias de rendimiento, forma de planta y tamaño de grano, hay que considerar aspectos de cocción y consumo del grano. Muroki *et al.* (2024) indican que las propiedades sensoriales son importantes para la aceptación de variedades de frijol fortificadas, de tal modo, que una vez terminada la cocción, se debe considerar la consistencia, el color, la jugosidad, el aroma y la pegajosidad. Además de lo anterior, se debe considerar la masticabilidad, dureza y la viscosidad.

Conclusiones

Derivado de la parcela de observación de las variedades, se puede concluir que la mayoría fueron de hábito II, muy diferente a las que se cultivan localmente, además de considerar su buena adaptación a suelos alcalinos. Los rendimientos también fueron sobresalientes, correspondiendo al Negro Verdín el mayor valor. Al considerar la percepción por los productores para aceptar un nuevo cultivar, por la forma de planta fue positiva, sin embargo, prefieren granos pequeños y de color negro brillante, lo cual no se adecua a las variedades en observación que son de color negro opaco y una de estas se comportó como de hábito III y fue más tardía que el resto. Para complementar el estudio, se sugiere se deben hacer evaluaciones de adaptación en otros ambientes e ir depurando las variedades, además de realizar evaluaciones de cocción y palatabilidad.

Literatura citada

Bass, F. 1969. "A new product growth for model consumer durables". Management Science 15(5): 215-227.

Borja-Bravo, M., V. Cuevas-Reyes y A. Velez-Izquierdo. 2020. Impacto económico de la adopción de tecnología para la producción de frijol en condiciones de temporal en el norte centro de México. CienciaUAT 14(2): 104-116.

doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1300

Cárdenas Ramos, F. 1984. Clasificación preliminar de los frijoles en México. Secretaría de Agricultura y recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto Técnico Núm. 81. 59 p.

Davis, F. 1987. User acceptance of information systems: the Technology Acceptance Model (TAM). Working Paper 529. University of Michigan. 33 p.

El Financiero (Periódico). 2024. Importación de maíz y frijol en México rompe récord en 2023.

Revisado en <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/01/17/importacion-de-maiz-y-frijol-en-mexico-rompe-record-en-2023/>, el 13/04/2024.

Galindo-González, G. y R. Zandate-Hernández. 2006. Adopción de variedades de frijol en el noroeste de Zacatecas. Terra Latinoamericana 24(1): 141-147.

Ibarra Pérez, F.J., O.H. Tosquy Valle, J.R. Rodríguez Rodríguez, J.L. Anaya López y J.A. Acosta Gallegos. 2021. Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano. Veracruz, Ver. pp: 85-98.

Ganesan, K. and B. Xu. 2017. Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. International Journal of Molecular Sciences.

International Journal of Molecular Science 18, 2331. 26 p.

doi:10.3390/ijms18112331

Kwak, M., J.A. Kami, and P. Gepts. 2009. The Putative Mesoamerican Domestication Center of *Phaseolus vulgaris* Is Located in the Lerma–Santiago Basin of Mexico. Crop Science 49:554-563

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, J. Sanchez G., E. Buckler and J. Doebley. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(9): 6080-6084.

Muroki, M.W., L.M. Waswa, R. Fungo, A. Kabwama, N. Eric, N. Nepomuscene, B. Ndashinze and S.M. Mahungu. 2024. Sensory properties of selected biofortified common bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties grown in Burundi. *Food Science and Nutrition*. 12: 3199-3213. DOI: 10.1002/fsn3.3988

Ogutu, S.O., A. Fongar, T. Gödecke, L. Jäckering, H. Mwololo, M. Njuguna, M. Wollni and M. Qaim. 2020. How to make farming and agricultural extension more nutrition-sensitive: evidence from a randomised controlled trial in Kenya. *European Review of Agricultural Economics* 47(1): 95-118.

doi:10.1093/erae/jby049

Rodríguez Rodríguez, J.R., O.H. Tosquy Valle y F.J. Ibarra Pérez. 2021. Comportamiento agronómico y productivo de genotipos de frijol negro en Tlapacoyan, Veracruz. *Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano*. Veracruz, Ver. pp: 44-54.

*Campo Experimental Valles Centrales, Oaxaca, CIRPAS-INIFAP. contreras.jose@inifap.gob.mx

Rogers, E. M. 1983. *Diffusion of Innovations*. Macmillan. New York. 453 p.

SIAP. 2023. Avance de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. Revisado en http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do, el 13/11/2023.

Singh, S.P. 1981. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colección Histórica 66927. 4 p.

Singh, S.P., P. Gepts and D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 45(3): 379-396.

Smith, B.D. 1997. The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. *Science* 276:932-934.

Temple, S.R. 1979. Estrategia General del Mejoramiento Genético del Frijol en el CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colección Histórica 11993. 17 p.

Terano, R., Z. Mohamed, M.N. Shamsudin and I.A. Latif. 2015. Factors influencing intention to adopt sustainable agriculture practices among paddy farmers in Kada, Malaysia. *Asian Journal of Agricultural Research* 9(5): 268-275.

Vaiknoras, K., C. Laroche, E. Birol, D. Asare-Marfo and C. Herrington. 2019. Promoting rapid and sustained adoption of biofortified crops: What we learned from iron-biofortified bean delivery approaches in Rwanda. *Food Policy* 83: 271-284.

Zizumbo-Villarreal, D. and P. Colunga-GarcíaMarín. 2010. Origin of agriculture and plant domestication. *Genetic Resources of Crop Evolution* 57:813-825. DOI 10.1007/s10722-009-9521-4



ECONOMÍA CIRCULAR

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE UN RESIDUO AGRÍCOLA PARA LA OBTENCIÓN DE NANOCRISTALES DE CELULOSA

Heidy Janeth Trujillo Acosta^{1*}, Gloria Ivette Bolio López¹ José Antonio Azamar Barrios²,
Manuel Mateo Hernández Villegas¹

Resumen

La relevancia de los nanocristales de celulosa (CNC) son actualmente provenientes de recursos verdes (residuos agrícolas), entre otros los cuales se encuentran en abundancia y con ellos se contribuyen a la economía circular, buscando consolidar a las proyecciones, encausamiento y manufactura de bionanocompuestos, en las tecnologías de la información, biomédicas, farmacéuticas, alimenticia y en la producción de polímeros. Por otra parte, Tabasco es el segundo productor a nivel nacional del cultivo de plátano, del cual se aprovecha solo el 30% de su biomasa, y un 70% son residuos de la planta. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el pseudotallo de plátano pera (*musa paradisiaca* ABB) antes de procesar, con la finalidad de determinar su calidad para la obtención de nanocristales. La metodología consistió en la colecta, lavado, seccionado a 5 cm, secado y triturado del material vegetal, este se almacenó en bolsas herméticas para su posterior análisis. Se realizó la caracterización físicoquímica con las técnicas de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR); la Difracción de Rayos-X (XRD) y Microscopía Electrónica de Barrido acoplado al análisis elemental (SEM-EDX). Los resultados mostraron presencia de grupos funcionales característicos del material lignocelulósico en el análisis de FTIR como son OH y CH de celulosas y de anillos aromáticos de ligninas, al igual que C=O que denotan existencia de hemicelulosas; también se muestra un índice de cristalinidad de 42.17% según lo indicado en la Difracción de rayos-X. El SEM determinó como elementos mayoritarios carbono (C) y oxígeno (O) característicos de la celulosa, y así mismo trazas de potasio (K) parte de la fuente vegetal y cloro (Cl) probablemente proveniente del suelo, donde el material fue

^{1*}Universidad Popular de la Chontalpa Col. Paso y Playa km. 2.0 s/n Carretera Cárdenas – Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86529. gloria.bolio@upch.mx

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), Carretera Mérida - Progreso, Loma Bonita, 97205 Mérida, Yuc.

secados bajo sol antes de iniciar el proceso de pulpeo. El secado se realizó a cielo abierto como se muestra en la Figura 1.

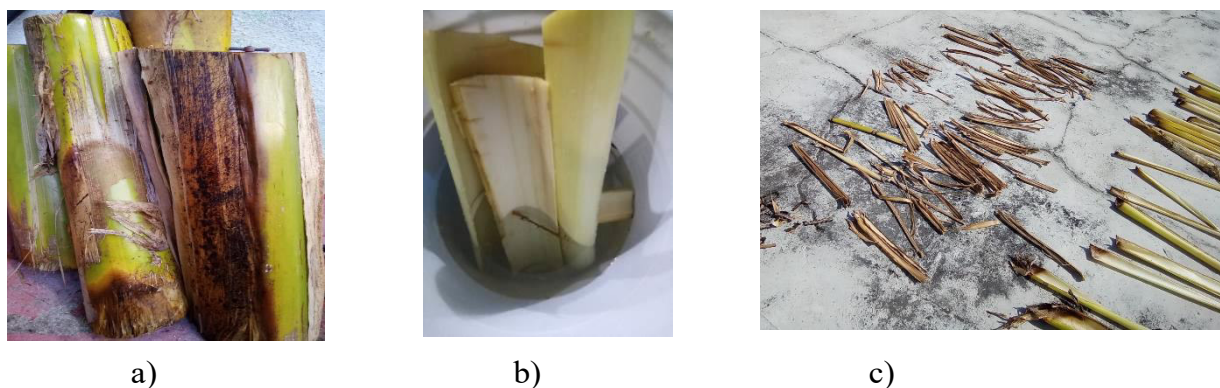


Figura 1. a) Recolección de pseudotallos de plátano pera (*Musa paradisiaca* ABB), b) Deshojado y lavado de los residuos y c) secado a temperatura ambiente.

Los análisis de caracterización fueron realizados en el Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales, Cinvestav-IPN, Unidad Mérida Km. 6 antigua carretera a Progreso Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yuc., México. La caracterización fisicoquímica de las muestras se llevó a cabo utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR). Se utilizó un Espectrómetro de infrarrojo FTIR Nicolet Magna Protege 460 en el modo de absorbancia, con una resolución de 4 cm^{-1} y 100 barridos y así determinar los grupos funcionales presentes en la muestra. El uso de Difracción de Rayos X (XRD) bajo el método de polvos, para la determinación de la cristalinidad de las muestras de celulosa. Se utilizó un equipo Difractometer Bruker D-8 Advance, espectro Cu K α ($\alpha = 1.5418\text{ \AA}$ y de energía 40 Kv 30ma), tiempo de paso de 0.5 segundos y tamaño de paso 0.2 segundos. El porcentaje de cristalinidad de las muestras se calculó mediante el método desarrollado por Segal *et al.*, (1959) Ec.

(1):

$$X_c \% = 100[1 - (I_{am}/I_{002})] \quad (1)$$

Donde: I_{am} es la intensidad del pico mínimo y I_{002} es la intensidad máxima del pico cristalino, respectivamente. La morfología de la muestra de los residuos de plátano sin procesar se analizó mediante Microscopia Electrónica de Barrido con un analizador elemental acoplado (SEM-EDX) Marca Bruker D8 Advance.

Análisis y discusión de los resultados

Las muestras se evaluaron a través del FTIR, la figura 2 muestra el interferograma de los residuos de plátano sin tratar, donde se manifiesta una extensa banda de absorción en la región 3360 cm^{-1} correspondiente a la vibración de estiramiento del OH en las moléculas de celulosa (Hishikawa 2017; Hinterstoisser, 1999). Los picos de 2918 cm^{-1} es atribuida a vibraciones de estiramiento de los enlaces C-H (Nandiyanto *et al.*, 2022); el intervalo de $1730\text{-}1740 \text{ cm}^{-1}$ se relaciona con los enlaces C=O de cetona (pectinas y gomas) presentes en la hemicelulosa (Bolío *et al.*, 2018; López *et al.*, 2016), los enlaces alrededor de 1603 cm^{-1} son característicos de los enlaces O-H simple de agua absorbida (Gonzalez *et al.*, 2019). Los picos 1318 cm^{-1} (Kaur *et al.*, 2018) atribuye a las vibraciones de flexión en el plano, del enlace C-H correspondiente a celulosa y hemicelulosa. López *et al.* (2016) y Bolío *et al.* (2018) atribuyen en los 1036 cm^{-1} a vibraciones de flexión de enlaces C-H de los anillos aromáticos y finalmente 777 cm^{-1} corresponde al enlace C-H de los grupos aromáticos de la lignina (Nandiyanto *et al.*, 2022).

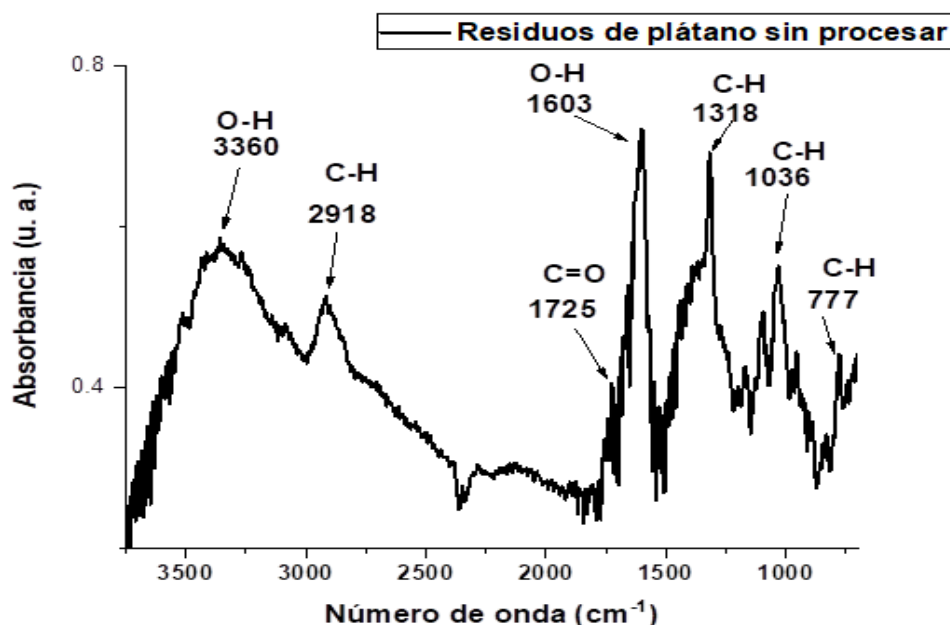


Figura 2. El espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales representativos de celulosa.

Se efectuaron estudios de rayos X para investigar la cristalinidad presente en las muestras de los residuos de plátano sin tratar, en la figura 3, se aprecia el difractograma obtenido del pseudotallo, con picos cercanos a $2\theta=16^\circ$, 22° y 35° . De acuerdo con Kaur *et al.*, (2018) presentan similitud $2\theta=16^\circ$, 22° y 35° que conciernen a acomodos cristalinos ordenados debido a la formación de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares. Presenda *et al.*, (2020) reportan picos cercanos $2\theta=15.8^\circ$, 23° y 35° donde Pérez *et al.*, (2023) y González *et al.*, (2019) atribuyen que esta estructura es de celulosa tipo I, encontradas comúnmente en vegetales naturales y en variedad de organismos (árboles, plantas, tunicados, algas y bacterias), que a veces se denomina celulosa “natural”.

El índice de cristalinidad que se reporta en la muestra de pseudotallo de *Musa paradisiaca* del genoma AAB sin procesar, fue del 42.2%, cristalinidad mayor comparada con Flores *et al.*, (2023) que reportaron una cristalinidad de 30% a partir de la *Typha dominguensis* Pers, y sobre el mismo método González *et al.* (2019), reportaron el 43.4% a partir de *E. crassipes*; López *et al.*, (2016) obtuvieron 41% a partir del bagazo de caña de azúcar y Bolio *et al.*, (2018) a partir de corona de piñas con el 39.6 %, valores similares a los encontrados en este estudio. Por lo que se infiere que, este es un factor para determinar que esta variedad puede ser buena fuente para la obtención de nanocristales.

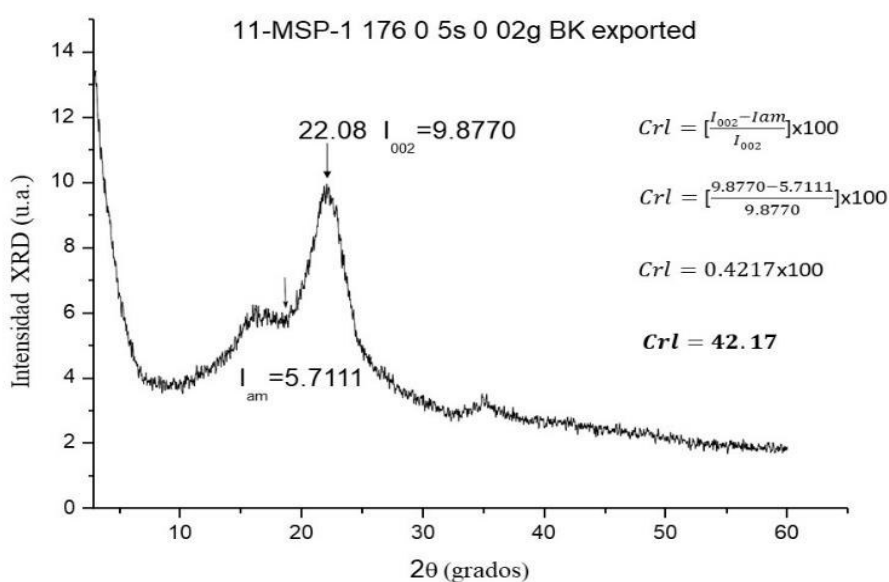


Figura 3. Difractograma de la muestra de pseudotallo de *Musa paradisiaca* sin procesar.

Tabla 1: Residuos para obtención de nanocristales sin tratar

Fuente	(% de cristalinidad) en muestra sin tratar Ic ¹	% de cristalinidad CNC	Método de obtención de CNC	Referencia
Alga marina <i>P. dumetosus</i>	62 %	-	-	Ordoñez et al., 2019
Bagazo de yuca (Manihot esculenta)	37.1%	48 %	Hidrólisis con HCl	Correa et al., 2023
Paja de caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>)	56%	-	-	Salgado et al., 2019
Bagazo de caña (<i>saccharum pp</i>)	41%	-	-	López et al., 2016
Platanillos (<i>Heliconia latis benth</i>)	16.5%	-	-	Bolio et al., 2017
Corona de Piña (<i>Ananas comosus L. Merrill</i>)	39.6%	71.4 %	Hidrolisis H ₂ SO ₄ 64 % y HCl 8N	Bolio et al., 2016 Ramírez et al., 2016
Pseudotallo de plátano pera (<i>musa paradisiaca</i> ABB)	42.17%	Por realizar		Este estudio

Como podemos observar en la (tabla 1) Correa et al. (2023) reportan del bagazo de yuca sin procesar un Ic de 37.1%, mientras que Bolio et al. (2016) y Ramírez et al. 2016 reportan las coronas de piñas sin tratar de 39.6% de Ic., donde ambas fuentes fueron tratadas con una hidrólisis de HCl y la segunda con dos hidrólisis H₂SO₄ al 64 % y HCl 8N, obteniendo de estos procesos químico nanocrisales de celulosa con un Incremento de cristalinidad favorable del 48% y 71.4% respectivamente; por esta razón comparando el residuo con los otros mencionados es pauta para la evaluación del material lignocelulósico que se observa con potencial para un exitoso aislamiento de nanocrisales.

En la figura 4, podemos observar el análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX) del residuo de plátano de la ABB a 500 aumentos a 15 Kv enfocada a 15 micras de profundidad. No se observan poros, su superficie parece gruesa, se denotan venas en toda la muestra, denota rigidez, y se observa algunas áreas lisas de la muestra. En su composición, en el análisis elemental se muestran los principales elementos constituyentes de la celulosa, carbono y oxígeno: 1. Carbono (C) con 67.13% masa y 73.29% molar; 2. Oxígeno (O) con una composición de 32.37% masa y 26.53% molar. Se detectaron trazas de potasio (K) 0.25% masa y 0.09% molar el cual es un porcentaje característico del macronutriente presente en la planta (Murgeitio *et al.*, 2019) y el cloro (Cl) 0.25% masa y 0.08 molar debido probablemente a que este elemento se ha absorbido por las raíces, o por el agua de lluvia, el polvo, la contaminación industrial y agrícola (Rosales *et al.*, 2020).

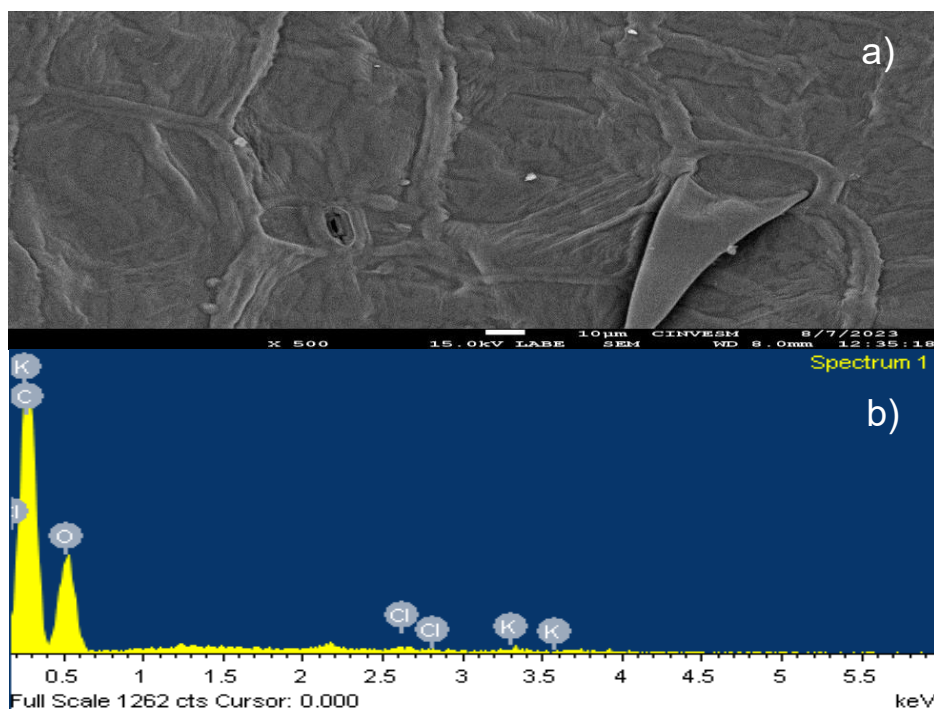


Figura 4. a) La morfología de la muestra y b) el análisis de los elementos presentes en ella.

Conclusiones

Los residuos de plátano de pseudotallo de la variedad (*Musa paradisiaca* ABB) mostraron en los patrones de difracción de rayos X una mayor intensidad en los picos característicos de la celulosa, corroborado con el análisis de infrarrojo (FTIR), donde las bandas típicas de celulosa, hemicelulosas y lignina se pueden asociar a celulosa tipo I, que se encuentran comúnmente en tejidos vegetales. Las imágenes SEM-EDX reportan como elementos mayoritarios el carbono y el oxígeno. Por todo lo anterior es evidente que estos residuos vegetales agrícolas pueden ser fuente potencial para la obtención de nanocristales de celulosa.

Agradecimientos

Agradezco al CONAHCYT por la Beca No. 1247648 para la realización de mis estudios de Maestría.

“Los análisis fueron realizados en el Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales, Cinvestav-IPN; financiado por los proyectos FOMIX-Yucatán 2008-108160, CONACYT LAB-2009-01-123913, 292692, 294643, 188345 y 204822. Se agradece a la Dra. Patricia Quintana por el acceso a LANNBIO, al M.C. Daniel Aguilar por la obtención de los difractogramas, y al M.C. Mario Herrera Salvador por labores de mantenimiento correctivo del difractor. Así como al Dr. Antonio Azamar -Barrios por los Interferogramas.

Referencias bibliográficas

Alzate, A. S., Díaz, A. J., López, E. y Tovar, C. (2021). Recuperación de pérdidas de residuos de producción y procesamiento de plátano: una contribución a una economía circular. *Moléculas* 26, no. 17: 5282.

<https://doi.org/10.3390/molecules26175282>

Bolio, L.G.I, Veleza, L. García F. NA. Hernández, V. M.M., Espinoza, M. E., Lopez, M. A. (2017) Obtención y caracterización de celulosa a partir a partir del tallo de platanillos *Heliconia lathispa* Benth. Seguridad alimentaria: Aportaciones científicas y agrotecnológicas. Primera edición 314-318.

Bolio, L. G.I. Ross-A., Veleza, L. Azamar B. J. A., Cadenas G. M., Hernández M.M, De la Cruz B. P., Sánchez, C.S. (2017). Extraction and haracterization of Cellulose from Agroindustrial Waste of Pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) Crowns, Chemical Science Review and Letters. 5(17), 198-204.

Cheng, M., Qin, Z., Chen, Y., Hu, S., Ren, Z. y Zhu, M. (2017). Efficient Extraction of Cellulose Nanocrystals through Hydrochloric Acid Hydrolysis Catalyzed by Inorganic Chlorides under Hydrothermal Conditions. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 5 (6), 4656-4664
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.6b03194>

Correa, D M. S., Bolio, L. G. I., Veleza, L., Ramírez, C. R., Hernández, V. M. M., De la Cruz, Burelo P., Córdova, S. S., & Valerio, C. C. (2023). Procurement and characterization of cellulose nanocrystals from cassava bagasse (*Manihot esculenta* Crantz). *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i12.2432>

Flores D. T. (2023). *Caracterización de celulosa extraída a partir de la planta acuática Typha domingensis pers.* [Tesis de licenciatura] Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cardenas Tabasco Mexico.

George, J., & Sabapathi, S. N. (2015). Cellulose nanocrystals: synthesis, functional properties, and applications. *Nanotechnology, science and applications*, 45-54.

Grishkewich, N., Mohammed, N., Tang, J., & Tam, K. C. (2017). Recent advances in the application of cellulose nanocrystals. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 29, 32–45.

González, P., Bolio, GI., Veleza, L., Hernández, MM., Valerio, C., Falconi, R., Ojeda, ME. (2019). Estudio de la estructura química de la celulosa extraída del peciolo de la *Eichhornia crassipe* by Xray Powder difracción. *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria*. INIFAP, Tab., México. 369-376.

Hafeman, E., Battisti, R., Marangoni, C., & Machado, R. a. F. (2019). Valorization of royal palm tree agroindustrial waste by isolating cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 218, 188–198.

Hemida, M. H., Moustafa, H., Mehanny, S., Morsy, M., Dufresne, A., Abd EL Rahman, E. N., & Ibrahim, M. (2023). Cellulose nanocrystals from agricultural residues (*Eichhornia crassipes*): Extraction and characterization. *Heliyon*, Vol. 9, Num 6, e16436. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16436>

Herrera, M.; Sinche, L.; Bonilla, O. (2019) “Obtención de Nanocelulosa a partir de Celulosa de Puntas de Abacá”. *Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry*, Vol. 76, Num. 586, 123-131. <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/359059/451084/0>

Hinterstoisser, B., Salmén, L. (1999). FTIR de escaneo por pasos bidimensional: una herramienta para desentrañar el rango de valencia OH del espectro de celulosa I. *Cellulose* 6, 251–263.

Hishikawa, Y., Togawa, E., & Kondo, T. (2017). Characterization of individual hydrogen bonds in crystalline regenerated cellulose using resolved polarized FTIR spectra. *ACS omega*, 2(4), 1469-1476.

Holguín, W. E. P., y Serrano, C. A. M. (2021). El Papel de los Residuos Agrícolas en la Extracción de Nanocristales de Celulosa. *Revista Bases de la Ciencia*, 6(2), 57-74.

Ilyas, R., Sapuan, S.M., Ibrahim, R., Atikah, M.N., Atiqah, A., Ansari, M.N., & Norrahim, M.N. (2019). Production, Processes and Modification of Nanocrystalline Cellulose from Agro-Waste: A Review. Movahedi, B. *Nanocrystalline Materials*. pp(1-30) IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/68817>

Ilyas, R.A., Sapuan, S.M., Sanyang, M.L., Ishak, M.R., Zainudin, E.S., (2017). Nanocrystalline Cellulose as Reinforcement for Polymeric Matrix Nanocomposites and

its

Potential Applications: A Review, Current Analytical Chemistry, volume 14, issue 3, pages 203-225, issn 1573-4110/1875-672.
<https://dx.doi.org/10.2174/1573411013666171003155624>

Kaur, M., Kumari, S., & Sharma, P. (2018). Chemically Modified Nanocellulose from Rice Husk: Synthesis and Characterisation. *Advances in Research*, 13(3), 1–11.

López, A., Bolio, G., Veleza, L., Solórzano, M., Acosta, G., Hernandez, M., Salgado, S., Cordova, Samuel. (2016). Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Agroproductividad. (*Revista CONACYT*, ISSN-0188-7394), 9. 41-45.

<https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/784>

López, A., Bolio, G., Veleza, L., Solórzano, M., Acosta, G., Hernández, M., Salgado S., Córdoba, S. (2018). Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agro Productividad*, 9(7), pp: 77-82 Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/784>

Mujtaba, M., Fraceto, L. F., Fazeli, M., Mukherjee, S., Savassa, S. M., De Medeiros, G. A., Pereira, A. D. E. S., Mancini, S. D., Lipponen, J., & Vilaplana, F. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136815.

Murgueitio, ME., Campo, M., Nirchio, M., Cuesta, O., y Tocto, J. (2019). Composición química y actividad biológica del pseudotallo de *Musa x paradisiaca* L (BANANO). *CIENCIA UNEMI*, 12(31), 19-29.



Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., & Fiandini, M. (2022). Interpretation of fourier Transform Infrared Spectra (FTIR): a practical approach in the Polymer/Plastic thermal decomposition. Indonesian journal of science and technology, 8(1), 113-126.

Ordoñez J. M., Hernández G. N. G; Bolio L. G. I., Veleza L., Falconi R., Hernández M. M., Cadenas G. M. T., De la Cruz B. P. (2019). Obtención de celulosa a partir de algas verdes (*Penicillus dumetosus*). La Ingeniería Ambiental y Química ante los problemas ambientales en el sureste mexicano II. Primera edición p.215-226.

Oyeoka, H. C., Ewulonu, C. M., Nwuzor, I. C., Obele, C. M., & Nwabanne, J. T. (2021). Packaging and degradability properties of polyvinyl alcohol/gelatin nanocomposite films filled water hyacinth cellulose nanocrystals. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 168–185.

Pérez, R., Álvarez Castillo, A., Olarte Paredes, A., & Salgado Delgado, A. (2021). Obtención de nanocelulosa a partir de residuos postcosecha. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología, 16(30), 1e-47e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69662>

Peng, B. L., Dhar, N., Liu, H. L., & Tam, K. C. (2011). Chemistry and applications of nanocrystalline cellulose and its derivatives: a nanotechnology perspective. *The Canadian Journal of chemical engineering*, 89(5), 1191-1206.

Presenda, G. A., Bolio, G. I., Azamar, V. L., Ramírez, J. A., Sarracino, O., Hernández, M. M., y De la Cruz, P. (2020). Obtención de celulosa a partir de residuos de piña (*Ananas Comosus* L. Merrill): Isolation of cellulose from pineapple waste (*Ananas Comosus* L.). *Agro Productividad*, 13(2), 77-82.

Rana, M. S., Rahim, M. A., Mosharraf, M. P., Tipu, M. F. K., Chowdhury, J. A., Haque, M. R., Kabir, S., Amran, M. S., & Chowdhury, A. A. (2023). Morphological,

Spectroscopic and Thermal Analysis of Cellulose Nanocrystals Extracted from Waste Jute Fiber by Acid Hydrolysis. *Polymers*, 15(6), 1530.

Ramírez, C.R. Presenda, G. A., Bolio L. G.I., De la Cruz B. P., Dávalos O. F., Vargas, R.J., Navarro, A. F. (2016, 23rd- 27th the october). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from agricultural waste of pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill): use of corona leaves. [Presentación de Poster] XV Simposio Latinoamericano de Polímeros, Cancún, Q. Roo. México.

Rojas, A.F., Flórez, C. y López, F. (2019). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de Química*, 31(1), 31-52. Recuperado en 16 de septiembre de 2023.

Romero, S. M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas*, 25(54), e100. Epub October 03, 2022.

<https://doi.org/10.22430/22565337.2505>

Rosales, M. Á., Franco, J. D., Moreno, F. J., y Colmenero, J. M. (2020). Beneficios de una fertilización rica en cloruro para la agricultura y sus efectos en la salud humana. <https://digital.csic.es/handle/10261/219663>

SADER (2020, 21 Enero). Plátano: la fruta tropical más cultivada en México. Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural. [gob.mx. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es)

Salgado, G. S., Bolio, G., Córdova, S., Lagunes, E. L., Falconi, R., Veleza, L. (2017). Métodos para extraer celulosa de la paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Agroproductividad. Vol. 10 Num.11. 54-59.

https://www.researchgate.net/publication/322807853_METODOS_PARA_EXTRAER

CELULOSA DE LA PAJA DE CANA DE AZUCAR Saccharum spp METHO
DS USED TO EXTRACT CELLULOSE FROM SUGAR CANE Saccharum spp
STRAW/citation/download

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022, 13 junio). *Producción agrícola*. <https://www.gob.mx/siap>. [Consultado 30 de agosto del 2023].

Segal, L., Creely, J., Martin, A. y Conrad, C. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile Research Journal* 29,786-794.

Trache, D., Hussin, M. H., Haafiz, M. M., & Thakur, V. K. (2017). Recent progress in cellulose nanocrystals: sources and production. *Nanoscale*, 9(5), 1763-1786.

UNDP [Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo]. (2023). *Forests, land and nature*. UNDP Climate Promise. Recuperado 25 de agosto de 2023, de <https://climatepromise.undp.org/what-we-do/areas-of-work/forests-land-and-nature>

Xie, S., Zhang, X., Walcott, M. P., & Lin, H. (2018). Applications of cellulose nanocrystals: a review. *Engineered Science*, 2(16), 4-16.

Yang, Y., Chen, Z., Zhang, J., Wang, G., Zhang, R., & Suo, D. (2019). Preparation and applications of the cellulose nanocrystal. *International Journal of Polymer Science*, 2019, 1-10.

Zainudin, MHM, Zulkarnain, A., Azmi, AS, Muniandy, S., Sakai, K., Shirai, Y. y Hassan, MA (2022). Mejora del proceso de compostaje de residuos agroindustriales mediante la inoculación microbiana: una breve revisión. *Agronomía*, 12 (1), 198.

VALORIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ANACARDO: UNA REVISIÓN DE APLICACIONES COMO INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN

Diana Rubí Ramos López^{1*}, Gloria Ivette Bolio López¹, Damianys Almenares López¹, Lucien Veleza Muleshkova², David Moisés Bonfil Ceferino², Pablo Ulises Hernández Lara³

Resumen

Dentro de la necesidad de retardar la corrosión en el acero al carbón, las aplicaciones industriales como el decapado con ácido “un material potencialmente peligroso” y la desincrustación, explican la necesidad de emplear inhibidores de corrosión que contribuyan al cuidado del medio ambiente. El objetivo del presente trabajo es evaluar el potencial del líquido de cáscara de anacardo (CNSL) como inhibidor de la corrosión obtenido de manera mecánica “presado”. El CNSL se considera un recurso renovable valioso con potencial anticorrosivo que proviene del residuo agroindustrial de la cáscara de anacardo, lo que dará lugar a la disminución del uso de materiales peligrosos y así evitar la contaminación de ecosistemas marinos. La cáscara de anacardo contiene una gran cantidad de compuestos fenólicos que en la actualidad no se aprovechan. Por lo que se decide explotar dicho residuo agroindustrial como extracto natural y convertirlo en un producto industrial de alto valor, el cual gana popularidad debido al trascendental papel en la economía circular. El estudio que actualmente está en etapa de experimentación y ensayo, cuenta con la participación de investigadores de la Universidad Popular de la Chontalpa, expertos en el tema de la corrosión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida donde se toman lecturas de Espectroscopía por Transformada de Fourier “FTIR” del

¹Laboratorio de Química Sustentable-Universidad Popular de la Chontalpa, ²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Instituto Politécnico Nacional, ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: diana97ramos@hotmail.com

extracto de CNSL mediante transformada de Fourier, y se evalúa el potencial de inhibición mediante pérdida de masa. También cuenta con la participación de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, quién proporcionó el fruto, así como información técnica acerca del mismo. Esta investigación es de suma importancia en términos de sostenibilidad en el aprovechamiento de recursos agroindustriales, como lo son extractos líquidos ricos en compuestos fenólicos, importantes para la valorización y el uso como materia prima en revestimientos de superficies, adhesivos, barnices, resinas, cauchos, anticorrosivos, entre otros, por lo tanto, los subproductos de la cascara de anacardo dan como resultado una generación de ingresos y un impacto en el desarrollo sostenible.

Palabras clave: subproducto, compuestos fenólicos, economía circular

Introducción

La corrosión deteriora a los metales elaborados en acero al carbono y aceros en general. Una característica principal es la herrumbre de color rojizo, fenómeno al cual se enfrentan las estructuras de puentes, varillas de cimentación, protecciones y láminas de los hogares, así como carcasas de barcos, estructuras de plataformas y ductos de petróleo. Dicha transformación busca regresar a la condición original antes de ser transformado. El fenómeno de la corrosión se presenta en todas las latitudes, a todas horas y existe antes de la humanidad y continuará después de ella. La destrucción provocada por la corrosión es un problema que afecta tanto a la economía doméstica como empresarial. Se estima que este fenómeno disuelve toneladas de acero cada minuto, lo que representa pérdidas en millones de dólares en el sector industrial al año. La corrosión es el deterioro de una sustancia o de sus propiedades debido a las interacciones entre la sustancia y su entorno, (Salazar, 2015), involucra el movimiento de los iones metálicos en la solución, los cuales se desplazan desde las zonas activas del metal (ánodo) hacia un aceptor en zonas menos activas (cátodo) a través del electrolito, causando la dilución y desgaste del material (Abdallah, 2010). Los metales expuestos en un medio agresivo pierden la funcionalidad en las aplicaciones para las que son elaborados, por lo que se requiere realizar acciones para su control y prevención. Los factores

que causan la corrosión incluyen reactividad del metal, presencia de impurezas, del aire, la humedad, de gases como el dióxido de azufre y el dióxido de carbono y presencia de electrolitos (Sastri, 2014). Existen diferentes tipos de corrosión, los cuales se describen a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de corrosión y su descripción.

Tipo de corrosión	Descripción
Corrosión uniforme	Deteriora toda la superficie del metal y adelgaza la superficie.
Corrosión galvánica	Ocurre en un electrolito con metales que tienen diferentes valores de potenciales eléctricos.
Corrosión por picaduras	Ocurre debido a ataques aleatorios en partes particulares de la superficie del metal para formar hoyos, el pozo actúa como ánodo, mientras que la parte no dañada del metal es el cátodo.
Corrosión bajo tensión	Una forma compleja de corrosión que surge debido al estrés y al ambiente corrosivo.
Corrosión por fatiga	Una combinación de estrés cíclico y corrosión.
Corrosión intergranular	La corrosión ocurre en o cerca de los límites de grano de un metal.
Corrosión por grietas	Corrosión de la celda de concentración debido al atrapamiento de líquido corrosivo entre los espacios del metal.
Corrosión filiforme	Corrosión de celdas de concentración sobre superficies metálicas recubiertas con una fina película orgánica.
Corrosión por erosión	Una forma de erosión-corrosión que muestra el efecto combinado de la corrosión y el desgaste de metal.

La corrosión en ambientes marinos ocurre cuando se encuentra el metal en contacto con un medio húmedo y un electrolito. La electricidad es capaz de transportarse a través del electrolito y en consecuencia se genera corrosión. En otros casos, la corrosión se presenta cuando el material es sometido a temperaturas altas, el metal reacciona con un medio no iónico, y se produce ataque en la superficie de la zona metálica (Revie, 2011). Los ambientes marinos tienen gran variedad de composiciones y generan alta susceptibilidad a la corrosión en materiales metálicos expuestos a este tipo de ambientes. El agua dulce normalmente contiene oxígeno disuelto, así como otros minerales, algunos de los cuales dan cuenta de la dureza. El agua de mar es una solución compleja de gases y sales disueltas, predominantemente cloruro de sodio (NaCl), así como algunos minerales, materia orgánica

y otras sustancias químicas. A pesar de que los problemas de corrosión se han estudiado durante décadas, aún se producen innumerables fallas en los componentes metálicos pertenecientes a estas industrias por dicho fenómeno, por lo que es necesario aumentar y mejorar la protección de estos materiales, especialmente de aceros que son utilizados en la industria energética a partir de mares y océanos (Schweitzer, 2010). Los ductos que transportan el petróleo el cual es parte de nuestra vida habitual, están hechos de acero al carbón; gracias a ellos se obtiene este recurso y, por ende, la obtención de energía y la producción de una gran variedad de productos. Dado a que estas líneas de hierro se encuentran expuestas al agua de mar en presencia de electrolitos (iones en disolución por la presencia de sal), actúan como conductores de la electricidad y aceleran la corrosión, la cual da inicio a impactos en el ambiente los cuales se ven reflejados a corto y largo plazo (Díaz, 2005). Ejemplo de ello, entre los años 2018 a 2021, Petróleos Mexicanos (PEMEX) registró 176 derrames y fugas en escala moderada y grave. Sustancias como crudo, aceite y gasolina se vertieron a suelos, ríos y mares, lo que conlleva a que sus instalaciones son afectadas por la corrosión, motivo principal de estos impactos, donde Tabasco y Veracruz alcanzan el 63% de las afectaciones provocadas por la corrosión (Ramírez, 2022). La Norma Oficial Mexicana NOM-008-SECRE-1999 en el Apartado 5.10.5. Recubrimientos, menciona sobre medidas de control de la corrosión externa de tuberías de acero enterradas y/o sumergidas. Indica las acciones a implementar, ejemplo de ello, realizar inspecciones del recubrimiento de todos los tramos de las tuberías que se encuentren en superficie y áreas expuestas, y cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar, razón por lo que el CNSL tendrá una relevancia por poseer propiedades antioxidantes debido la interacción de sus moléculas con el metal, además de ser un producto amigable con el ecosistema. Dichas inspecciones se recomienda realizarlas cuando menos cada seis meses. El componente de acción de los inhibidores verdes depende de la estructura del ingrediente activo (Upadhyay *et al.*, 2017). Investigaciones sobre la capacidad de inhibición de la corrosión por compuestos de origen natural conocidos como “inhibidores verdes” se han convertido en una alternativa para amenorar la corrosión (Dariva y Galio, 2014). Así mismo las plantas o especies vegetales son una rica fuente de compuestos químicos naturales biodegradables y que además

pueden ser extraídos mediante sencillos procedimientos, utilizando solventes de bajo costo y baja toxicidad (Monribot *et al.*, 2019). La Ley de Control de Sustancias Tóxicas de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos y la Directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas de la Unión Europea, busca que se desarrollen inhibidores de corrosión que no contengan metales pesados como el cromo y plomo o compuestos orgánicos, por lo que, hasta el momento, ya se han utilizado extractos a partir de semillas, frutas, hojas, flores, etc. Raja y Sethuraman, (2008) mencionan que han logrado reducir notablemente la velocidad de corrosión con el uso de extractos naturales. El líquido de cáscara de anacardo (CNSL), se genera a partir del procesamiento de la cascara de anacardo (*Anacardium occidentale* L.), el cual es una sustancia química ecológica ideal de los requisitos de no toxicidad, biodegradabilidad y renovabilidad (Victor *et al.*, 2020), La inquietud por explotar recursos renovables como CNSL para aplicaciones industriales es un tema de interés tanto para la investigación académica como para la industrial. Varios estudios han informado que los compuestos fenólicos tienen una excelente actividad antioxidante, actuando como donantes de hidrógeno, agentes reductores y eliminadores de radicales libres (Kyei, 2019).

El anacardo o también llamado “marañón” pertenece a la familia Anacardiaceae (Figura 1). Esta familia está compuesta por setenta géneros y setecientas especies. Pertenecen al género *Anacardium*, donde solo la especie *occidentale* L., de origen brasileño, tiene valor económico, debido a su hipocarpo comestible y almendra nutritiva (da Silva *et al.*, 2002). Es una planta perenne, de ramificación baja que presenta porte variado con altura entre 5 a 14 m y ancho del dosel hasta 20 m, raíz pivotante, hojas simples, enteras y de pecíolos cortos.



Figura 1. *Anacardium occidentale* L.

El líquido de cáscara de anacardo (CNSL), es un líquido cáustico, viscoso y oscuro, y se considera una fuente natural de fenoles de cadena larga saturados e insaturados (ácido anacárdico, cardanol y cardol). CNSL es una mezcla de metalquilfenoles con anillos de benceno variablemente insaturados (Lomonaco *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2006).

Entre los diferentes métodos de control y prevención de la corrosión, el uso de inhibidores de es uno de los más rentables y prácticos para reducir la velocidad de corrosión, por ello muchas investigaciones se han centrado recientemente en el tema de la corrosión (Finšgar y Jackson, 2014). El Cardanol es un recurso renovable, no comestible, el cual se encuentra en el líquido de la cáscara de la semilla de anacardo (CNSL) (Briou *et al.*, 2018; Kobayashi, 2017). El CNSL es un líquido viscoso que representa entre el 20 y el 25% en peso del residuo de la cascara y se compone principalmente de ácido anacárdico, cardol y cardanol, lo que lo convierte en una excelente materia prima para una variedad aplicaciones químicas e industriales, (Telascrêa *et al.*, 2014). El CNSL tiene aplicaciones importantes en industrias basadas en los polímeros. Entre las aplicaciones más importantes del CNSL se encuentra: recubrimientos industriales y marinos, pinturas anticorrosivas, lacas protectoras, antioxidantes, estabilizadores y emulsificantes para la fabricación de productos petroquímicos.

El cultivo del marañón ha tenido trascendental actividad económica en muchos países tropicales, ya que se obtienen diversos alimentos y productos industriales. Se aprecia principalmente por su fruto (nueces) el cual presenta un alto contenido de proteínas y lípidos esenciales. La cáscara produce un aceite que se utiliza para la fabricación de insecticidas, impermeabilizantes y barnices (Guerrero *et al.*, 2008). La explotación comercial del cultivo de marañón en México está destinada casi exclusivamente a la comercialización de frutos secos, desaprovechando en su totalidad la cascara como desecho agroindustrial. A pesar de que en México no se cultiva intensivamente, en el año 2023 se produjeron 687.6 t en una superficie sembrada de 824.5 ha. Dicha producción alcanzó un valor de 5,056 millones de pesos. Cabe resaltar que los principales estados productores son Chiapas, Campeche, Guerrero y Veracruz (SIAP, 2023) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de Marañón a nivel nacional (SIAP, 2023).

Entidad	Superficie Sembrada (ha)	Producción	Valor Producción (miles de Pesos)
Campeche	39.50	38.50	2566.34
Chiapas	766	766	1,893.93
Guerrero	16.50	16.50	400.29
Veracruz	2.5	2.5	195.70
	824.50	223.50	5056.26

Las propiedades del CNSL adquiridas por diferentes procedimientos de extracción pueden modificar el porcentaje de concentración en sus compuestos naturales. En 2021 Nyirenda *et al.*, (2021), informaron propiedades fisicoquímicas del CNSL que difieren en comparación con los resultados obtenidos por Kyei *et al.*, (2019). Las diferencias en el contenido y las cualidades fisicoquímicas del CNSL pueden variar debido a las diferencias entre las especies de anacardos y a los métodos de extracción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diferencias de las propiedades fisicoquímicas del CNSL.

Propiedades fisicoquímicas	Nyirenda <i>et al.</i> , 2021	Kyei <i>et al.</i> , 2019
Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro
Olor	Ahogo	Ahogo
Naturaleza	Líquido viscoso	Líquido viscoso
Humedad (%)	6.5	4.5 ± 0.02
Ceniza (%)	1.6 ± 0.1	1.80 ± 0.6
Gravedad específica	0.9561 ± 0.0002	0.95 ± 0.3
Índice de refracción	1.52 ± 0.001	1.42 ± 0.4
Ácido graso libre	60.1 ± 4.7	4.12 ± 0.4
Saponificación (mg KOH/7g)	138 ± 3.2	255 ± 0.7

Materiales y Métodos

Se usarán placas de tubería de acero al carbón S135, con superficie de 20 x 20 x 3 mm. Los análisis se realizarán por triplicado: tratamiento 1 (testigo absoluto), y tratamiento 2 (inhibidor verde), sumergido en agua de mar (agua de mar artificial) después de un tiempo de estancia en la solución a 24 h para medir el nivel de corrosión en cada prueba.

Recolección del material vegetal y extracción del CNSL

Se colectaron 15 kg de fruto de Anacardo (*Anacardium occidentale* L) en la comunidad El Encomendero, ubicada en el municipio de Huimanguillo Tabasco, México. Las coordenadas del sitio son 17°47'48"N; 93°35'25"W. La recolección del fruto se realizó en el mes de mayo del año 2024. El proceso de separación de la semilla de la manzana de anacardo se realizó al momento de la cosecha. Una vez separada la semilla, se lavó con agua corriente durante 10 minutos para eliminar materias extrañas. La semilla se cortó por la mitad con ayuda de un cuchillo y se obtuvo la cascara como residuo final agroindustrial. Con apoyo de una prensa mecánica con capacidad de 1 kg, se extrajo el CNSL. Se obtuvo la cantidad de 45 mL a partir de 3 kg de cascara de anacardo empleada (Figura 2).



Figura 2. Proceso de extracción del CNSL mediante prensado a partir de cáscaras de anacardo.

Decapado (tratamiento químico de las muestras)

Para eliminar las impurezas que tiene el metal, se empleará el tratamiento de decapado en las placas de acero al carbón de acuerdo a la Norma Oficial ASTM G1-03, (Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens). Se preparó una solución 500 mL de ácido clorhídrico (HCl, spgr 1.19), 3.5 g de hexametilentetramina en 1000 mL de agua destilada. Posteriormente las muestras se lijaron con lija de silicio con medida de grano 220, 240, 320, 400 y 600 en presencia de alcohol para evitar la oxidación. Finalmente, las placas fueron vertidas en un limpiador ultrasónico durante de 10 minutos. Una vez realizado el decapado las muestras se recubrieron con el inhibidor.

Experimento de corrosión

Se utilizarán recortes de acero al carbón, mismos al que se les aplicará el extracto de CNSL. Posterior serán sumergidos en el medio corrosivo (35 g de sal de mar disuelto en 1 L de agua destilada). Como control positivo, se utilizarán tres muestras de acero al carbón sin inhibidor, sumergidas en el mismo medio salino corrosivo a 24 h, y se evaluaron a través de las diferentes técnicas de caracterización que más adelante se mencionan. El estudio de corrosión se realizará en el Laboratorio de Innovación y Planta Piloto de Química Sustentable de la UPOCH. Los estudios de caracterización (estructural y morfológico) se obtendrán en el Laboratorio de Fisicoquímica del CINVESTAV-IPN unidad Mérida y en el Laboratorio de Nano y Biomateriales del CINVESTAV-IPN unidad Mérida. Se llevará a cabo un trabajo experimental para investigar la tasa de inhibición de la corrosión de la cáscara de la nuez del marañón (*Anacardium occidentale* L) como inhibidor verde de la corrosión de metales.

Resultados y Discusión

De acuerdo con lo reportado por (Lomonaco *et al.*, 2017) el CNSL está compuesto predominantemente de ácido anacardico, cardol, cardanol y componentes menores. Por otra parte (Shuming *et al.*, 2016) indican que los grupos funcionales dentro de estos compuestos fueron identificados a través de espectros FTIR el cuál es una herramienta que se utiliza para identificar componentes químicos en una muestra desconocida como lo indica la (Figura 3).

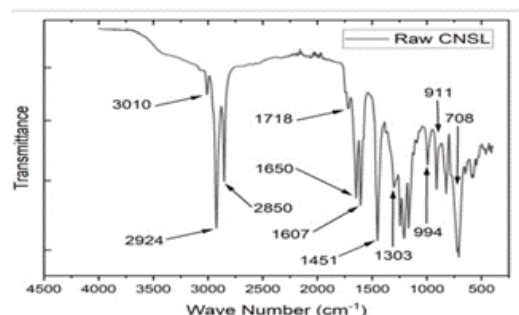


Figura 3. FTIR del CNSL extraído mecánicamente de nuez cruda

(Kyei *et al.*, 2019). Señala que los picos que corresponden a los enlaces C–H de hidrocarburos insaturados se visualizan dentro del número de onda de 3010 cm^{-1} – 2850 cm^{-1} , lo que representa la cadena larga insaturada de 15C. Los picos entre 1303 y 950 cm^{-1} se atribuyen al estiramiento C–O y vibraciones O–H (Shuming *et al.*, 2016), corresponde al grupo hidroxilo (OH) es consistente con la existencia de grupos hidroxilo dobles característicos en anillos de cardol. La presencia de dobles enlaces de carbono C=C detectado en los picos 1607 cm^{-1} y 1451 cm^{-1} , mientras que el ácido carboxílico (COOH), indica la presencia de ácido anacardico (Lomonaco *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2011; Das y Ganesh, 2004), el responsable antioxidante muestra una banda de estiramiento C=O característica dentro del rango espectral de 1650 cm^{-1} – 1750 cm^{-1} , confirmando su presencia. Los picos entre 650 y 915 cm^{-1} están asociados con enlaces O–H de compuestos aromáticos como fenoles (Das y Ganesh 2004) al igual que la estructura del cardanol (Rodrigues *et al.*, 2011). Además, los heteroátomos, los electrones deslocalizados, los anillos aromáticos y las insaturaciones de las cadenas crean condiciones favorables para la adsorción en superficies metálicas (Mazzetto *et al.*, 2012). Las cadenas alifáticas de CNSL, con longitudes de hasta 15 carbonos, exhiben diversos grados de insaturación (Ngoc *et al.*, 2011), lo que proporciona una ventaja para reducir el potencial de ionización y modificar la estructura de doble capa, esto a su vez está influenciado por concentraciones incrementales de CNSL, lo que lleva a regiones aisladas en las superficies metálicas a través de moléculas de CNSL adsorbidas, donde la parte no polar actúa como aislante, reduciendo o retrasando la transferencia de carga (Ngoc *et al.*, 2011). La presencia de CNSL crea una fina capa de aceite orgánico sobre las superficies metálicas actuando como barrera contra soluciones acuosas.

Conclusión

El aceite del líquido de cáscara de anacardo (CNSL) se puede convertir en un producto con un efecto anticorrosivo, además de tener una adecuada resistencia química, dado a que los compuestos fenólicos provenientes de la cascara de anacardo actuarán como antioxidante dando así la eficiencia de inhibición de la corrosión, lo cual, dará éxito en estructuras

metálicas que se encuentren en lugares donde existen fuertes problemas por corrosión. Se confirmará que los fenoles presentes en el extracto natural de la cáscara de anacardo formarán una capa impermeable, por lo que la corrosión generada por diferentes medios no entra a los metales lo que permitirá su control y prevención, por lo que el presente estudio tendrá un impacto positivo en la economía circular, utilizando los recursos disponibles que no se están siendo aprovechados e impactando en las 7r de la economía circular.

Literatura Citada

Abdallah, M., Radwan, M., Shahera, Shohayeb, S., Abdelhamed, S. 2010. Use of some natural oils as crude pipeline corrosion inhibitors in sodium hydroxide solutions. Chem. Technol. Fuels Oils. 46: 354-362.

Briou, B., Caillol, S., Robin, J. J., and Lapinte, V. 2018. Cardanol–Based and Formaldehyde–Free Flexible Phenolic Networks. European Journal of Lipid Science and Technology, 120(7), 1800175. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800175>.

Dariva, Camila. G. and Galio, Alexandre. F. 2014. Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications WRITTEN BY Submitted: 17 September 2013 Published: 20 February 2014 DOI: 10.5772/57255.

Das, P., Sreelatha, T., and Ganesh, A. 2004. Bio oil from pyrolysis of cashew nut shell-characterisation and related properties. Biomass and bioenergy, 27(3), 265-275.

Díaz Velilla, J. P. 2005. Sistemas de energías renovables. Ediciones Paraninfo, SA.

Finšgar and Jackson, 2014. Aplicación de inhibidores de corrosión para aceros en medios ácidos para la industria del petróleo y el gas: una revisión, University of Maribor, Faculty of

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Mazzetto, S. E., Oliveira, L. D. M., Lomonaco, D., and Veloso, P. A. 2012. Antiwear and Antioxidant Studies of Chemical Engineering. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 29(03), 519.

Monribot-Villanueva, J. L., Elizalde-Contreras, J. M., Aluja, M., Segura-Cabrera, A., Birke, A., Guerrero-Analco, J. A., and Ruiz-May, E. 2019. Endorsing and extending the repertory of nutraceutical and antioxidant sources in mangoes during postharvest shelf life. Food Chemistry, 285, 119-129.

Ngoc Yen Tran-Thi, Yi-Hsu Ju. 2011. Effect of extraction methods on characteristic and composition of Indonesian cashew nut shell liquid Department of Chemical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, 43, Keelung Road, Section 4, Taipei 10607, Taiwan.

Nyirenda, J., Zombe, K., Kalaba, G., Siabbamba, C. y Mukela, I. 2021. Valorización exhaustiva de

los residuos de cáscara de anacardo como potencial biorecurso. Informes científicos, 11 (1), 11986.

Raja, P. B y Sethuraman, M. G. 2008. Productos naturales como inhibidores de corrosión para metales en medios corrosivos: una revisión. Materials Letters, 62, 113-116.<http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2007.04.079>.

Ramírez, Patricia 2022. Periodismo Causa Natura. Recuperado en: <https://rempa.com.mx/2022/03/25/pemex-registra-176-derrames-y-fugas-de-alto-impacto-ambiental-de-2018-a-2021/> el 28 de junio de 2024.

Revie, R. W. 2011. Manual de corrosión de Uhlig. Wiley & Sons, Inc.: EE. UU.

Rodrigues, Ana., Pilgrim, John., Lamoreux, John., Hoffmann, Michael and Brooks, Thomas. 2006. The value of the IUCN Red List for conservation. Trends in ecology & evolution. 21. 71-6. 10.1016/j.tree.2005.10.010.

Rodrigues, Francisco H. A. I; França, Francisco C. F; Souza, José R. R; Nágila M. P. S. Ricardo; Judith P. A. Feitosa. 2011. Comparison between physico-chemical properties of the technical Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) and those natural extracted from solvent and pressing Coordenação de Química, UVA, Faculdade de Educação, Ciências e Letras do Sertão Central, UECE, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, UFC.

Salazar Jiménez, J. 2015. Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. Tecnología en Marcha vol.28, n.3, pp.127-136. ISSN 0379-3982.

Sastri, V. 2014. Types of corrosion inhibitor for managing corrosion in underground pipelines. Underground Pipeline Corrosion, 166-211.

Schweitzer, P. A 2010. Fundamentos de la corrosión: mecanismos, causas y métodos preventivos. Taylor & Francis Group, LLC: EE. UU.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Cierre de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consultado el 21 de junio de 2024).

Shuming. Guo, Changhe Yanbin Zhang, Yaogang Wang, Benkai Li, Min Yang, Xianpeng Zhang, Guotao Liu. 2016. Mixtures of castor oil with other vegetable oils in MQL grinding

of nickel-based alloy School of Mechanical Engineering, Qingdao University of Technology, 266520 Qingdao, China.

Telascrêa, M., Leão, A. L., Ferreira, M. Z., Pupo, H. F. F., Cherian, B. M., and Narine, S. 2014. Use of a Cashew Nut Shell Liquid Resin as a Potential Replacement for Phenolic Resins in the Preparation of Panels – A Review. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 604(1), 222–232. <https://doi.org/10.1080/15421406.2014.968509>

Upadhyay RP, Chowdhury R, Aslyeh Salehi, Sarkar K, Singh SK, Sinha B, Pawar A, Rajalakshmi AK, Kumar A. 2017. Postpartum depression in India: a systematic review and meta-analysis. *Bull World Health Organ.* Oct 1;95(10):706-717C. doi: 10.2471/BLT.17.192237. Epub 2017 Sep 5. PMID: 29147043; PMCID: PMC5689195.

Victor Oji, C.O. U.J., Chukwu and O. Akaranta 2020. Synthesis and Evaluation of Ethanolamine- Cashew Nut Shell Liquid Products as Crude Oil Emulsion Breakers. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 4 (4),1-33.

GANADERÍA

USO DE ACEITES ESENCIALES DE CONDIMENTOS ALIMENTICIOS EN EL CONTROL DE HUEVOS DE CYATOSTOMINOS DE CABALLOS

Roberto González Garduño^{1*}, Adolfo Paz Silva², María Sol Arias Vázquez², Cristiana Filipa Cazapal Monteiro² y Rita Sánchez Andrade²

Resumen

Los cyatostominos son nematodos gastrointestinales cosmopolitas y los de mayor prevalencia en caballos. Presentan resistencia antihelmíntica provocando la baja efectividad de los productos químicos. El objetivo fue determinar la actividad ovicida de aceites esenciales de condimentos alimenticios en el control de cyatostominos de caballos. Se eligieron plantas aromáticas con reporte en la literatura con alguna acción sobre parásitos. Para la obtención de los aceites se compraron hojas, flores y frutos de especias utilizadas como condimentos alimenticios. Todos los productos se molieron para obtener partículas de <1 mm de grosor y se obtuvieron los aceites por arrastre de vapor con un equipo Clevenger. Además, se recuperaron huevos de cyatostominos de caballos que se usaron en un ensayo de eclosión de huevos (EH) en el que se expusieron los huevos a diferentes concentraciones de los aceites esenciales de comino, pimienta, canela, laurel y clavo (250, 125, 62.5, 31.3, 15.6, 7.8, 3.9, 2.0, 1.0, 0.5 y 0.24 mg/mL). Como control positivo se utilizó Oxfendazol al 2.5% y agua destilada + Tween 20 al 1% disuelto en PBS como control negativo. Los datos obtenidos se usaron para obtener el porcentaje de eclosión y se realizó un análisis Probit. Los aceites extraídos de las hojas de laurel, la corteza de la canela molida y las semillas de comino, tuvieron una efectividad muy alta en huevos de cyatostominos hasta dosis menores a 3.9 mg/mL. La dosis letal 50 más pequeñas en el caso de la eclosión de huevos correspondió a

¹ ^{1*} Unidad Regional Universitaria Sursureste. Universidad Autónoma Chapingo, km 7.5 Carr. Teapa-Vicente Guerrero. Teapa, Tabasco, México. E-mail; rgonzalezg@chapingo.mx

² Facultade de Medicina Veterinariay Zootecnia. Universidade de Santiago de Compostela. Carvalho Calero sn. 27002, Lugo, España.

hojas de laurel, semillas de comino, corteza de canela (menores a 10 mg/mL), mientras que los de pimienta (122 mg/mL) y clavo (63 mg/mL) tuvieron valores medios. El uso de plantas en el control de enfermedades y parásitos ha sido una tradición milenaria. Sin embargo, la búsqueda de algún ingrediente activo es una prioridad en el control de nematodos. Las semillas aromáticas que comúnmente se utilizan como condimentos presentaron dosis letales pequeñas lo que la convierte en una posibilidad de utilizarse para el control de cyatostominos.

Palabras clave: équidos, plantas aromáticas, nematodos parásitos.

Introducción

Los cyatostominos son nematodos gastrointestinales (NGI) con alta prevalencia en equinos y además los de mayor importancia porque afectan a caballos en muchas partes del mundo (Bellaw and Nielsen, 2020). Para el control de NGI generalmente se han utilizado antihelmínticos comerciales, con los que se reduce el impacto de los parásitos en la salud de los animales y se mejora su productividad (Baranova et al., 2022). Sin embargo, con el uso frecuente de los antiparasitarios, se ha producido resistencia antihelmíntica (RH) en las principales especies de NGI, provocando baja efectividad de los productos químicos (Nielsen, 2022). Debido a que la RH ha sido ampliamente observada y estudiada en cyatostominos de equinos, se han buscado alternativas de control sustentables (Raza et al., 2019) y se ha investigado desde hace mucho tiempo sobre pastoreo alternando entre caballos y ovejas para reducir la infección (Eysker et al., 1986), el uso dirigido y estratégico de los antihelmínticos (Leathwick et al., 2019), también se ha abordado extensamente el control biológico con el uso de hongos nematófagos (Mendoza-de Gives et al., 2022) y también el uso de plantas con acción nematicida, en las que los extractos metanólicos (Flota-Burgos et al., 2017) o acuosos de hojas y ramas (Buza et al., 2020) se han evaluado con el fin de evitar el desarrollo de RH. También el uso de aceites esenciales se ha utilizado como una alternativa más en el control de NGI, especialmente en especies de alta susceptibilidad como son los ovinos (Štrbac et al., 2022). Varios estudios han buscado propiedades de los aceites esenciales en NGI de ovinos con pruebas de eclosión de huevos (Jiménez-Penago et al., 2021;

Štrbac et al., 2021) y con la prueba de motilidad de larvas (Chagas et al., 2018), además de que algunos estudios han realizado pruebas *in vivo* con ovinos (Štrbac et al., 2022). También en equinos existen resultados del uso de aceites por lo que la hipótesis planteada es que los aceites esenciales de las plantas utilizadas tienen compuestos que provocan la mortalidad de huevos y larvas de nematodos gastrointestinales lo que las convierte en una alternativa para el control de nematodos parásitos en equinos. El objetivo del estudio fue realizar un sondeo para determinar la producción de aceites esenciales de 26 plantas localizadas en la región y evaluar su acción en huevos y larvas *in vitro* para el control de cyatostóminos de equinos.

Materiales y métodos

Los aceites se probaron en huevos y larvas de cyatostóminos de caballos infectados de manera natural, pertenecientes a la granja Gayoso ubicada en Castro de Riberas de Lea, Lugo, España. El clima corresponde a templado con más lluvia en invierno que en verano. La temperatura es en promedio 11.4 °C y alrededor de 999 mm de precipitación (Kottek et al., 2006).

El screening de la actividad de aceites esenciales sobre huevos y larvas de cyatostóminos se realizó con plantas nativas e introducidas presentes en la región de Galicia, para lo cual, se eligieron aquellas plantas reportadas en la literatura con alguna acción sobre NGI y otras que tuvieran aceites esenciales aún sin antecedentes de acción sobre NGI. Para la obtención de los aceites se colectaron hojas, flores y frutos o se compraron semillas de las especies seleccionadas. Las especies colectadas se secaron a 60°C durante 24 horas. Todos los productos se molieron en un molinillo eléctrico para cereales de acero inoxidable (Vevor 350G) para obtener partículas de <1 mm de grosor y posteriormente se guardaron hasta ser usados en la extracción. Los aceites esenciales se obtuvieron por arrastre de vapor con un equipo Clevenger. Se depositaron entre 25 a 60 gramos de material molido y 500 ml de agua destilada y se dejó un tiempo mínimo de 30 minutos en el proceso de extracción y se registró el volumen producido de cada planta. Independientemente de la producción de aceite o no, se colectó el sobrenadante y se utilizó en las pruebas *in vitro*. De cada planta se registró el peso del material y además la producción de aceite.

Se tomaron muestras de heces de caballos infectados con cyatostominos en las que determinó el conteo fecal de huevos (FEC) por flotación en solución salina saturada. De las muestras positivas y con más de 500 huevos por gramo de heces (HPG) se concentraron los huevos de la siguiente manera. Se mezclaron 30 gramos de heces con 420 ml de agua, después de homogeneizarse se vació sobre dos tamices uno de 4 mm de luz y un tamiz del número 100 (0.150 mm, Filtra-vibración, España). El líquido filtrado con los huevos se recuperó en tubos de vidrio de 10 mL y se centrifugaron durante diez minutos a 2000 rpm, después se eliminó el sobrenadante y se disolvió el sedimento con solución de sacarosa ($d=1.28$, como liquido de flotación) y se llenaron los tubos hasta el borde, en el cual se le colocó un cubreobjeto, después se centrifugó por 10 minutos a 2000 rpm y los huevos se recuperaron de la superficie del cubreobjetos y se lavaron con agua destilada con ayuda de una pipeta Pasteur y se colocaron en tubos cónicos de 50 mL. La concentración de huevos se estimó a partir de 10 alícuotas de 10 μ L ajustando el volumen para tener una concentración final de 2000 huevos por mL.

Prueba de eclosión de huevos

El **ensayo de eclosión de huevos** se desarrolló para determinar los productos con actividad ovicida y para ello se utilizaron tubos eppendorf de 1.5 mL, en cada tubo se colocaron aproximadamente 200 huevos en 100 μ L de agua, posteriormente se agregaron 100 μ L de los aceites esenciales y productos a probar. El primer tubo se homogeneizó con el aceite y los huevos y a partir de éste se tomaron 100 μ L de cada tratamiento y se realizan diluciones seriadas y se agregaron al final 200 μ L de Tween 20 al 1% disuelto en PBS, por lo que las concentraciones para los aceites fueron (250, 125, 62.5, 31.3, 15.6, 7.8, 3.9, 2.0, 1.0, 0.5 y 0.24 mg/mL). Como control positivo se utilizó Oxfendazol al 2.5 mezclado con closantel al 5 % (Oxydrench, Laboratorios Syva, León España), en concentración inicial de 12.5 y 25 mg/mL, respectivamente y después a la mitad en 12 diluciones. Tubos con agua destilada + Tween 20 al 1% disuelto en PBS sirvieron como control negativo. Una vez colocados los aceites, los tubos eppendorf se taparon y se colocó en una incubadora a 20 °C durante 24 horas. La lectura de eclosión de huevos se realizó a las 36 horas después de la aplicación de los productos, se recuperó el contenido del tubo en cinco alícuotas de 20 μ L de cada

tratamiento. Se realizó la lectura de todos los pozos utilizando un microscopio óptico a 10X, anotando el total de huevos sin eclosión y el número de larvas en fase 1.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del estudio *in vitro* se usaron para obtener el porcentaje de efectividad (mortalidad larvaria y eclosión) por cada aceite. Además, se obtuvieron las dosis letales (DL₅₀) y (DL₉₉), mediante el análisis Probit con el programa SAS (SAS, 2017) con base en el siguiente modelo:

$$\text{Pr (Respuesta)} = C + (1-C) F(x'\beta) = C + (1-C) \Phi (b_0 + b_1 \times \log_{10} (\text{Dosis}))$$

Dónde:

β : es un vector de parámetros estimados. F: es una función de distribución acumulativa (Normal). X: es un vector de variables explicativas. Pr: es la probabilidad de una respuesta. C: es la tasa de respuesta natural (proporción de individuos que responden a la dosis cero).

Resultados

Los aceites extraídos de las hojas de laurel, la corteza de la canela molida y las semillas de anís, comino y cilantro tuvieron una efectividad muy alta en huevos de cyatostominos hasta dosis menores a 3.9 mg/mL. En el caso de lauraseraso también tuvo alta efectividad a pesar de que no se obtuvo aceite esencial y sólo se usó el líquido del arrastre de vapor. El resto de las plantas mostraron algún efecto sobre los huevos de cyatostominos a diferentes dosis que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Dosis máximas a las cuales los productos de arrastre de vapor de diferentes plantas presentaron la mayor mortalidad en huevos de cyatostominos de caballos.

Fecha	Producto	Nombre científico	Dosis mg/mL	% Mortalidad*
01/02/2023	Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>	250.0	98.8
01/02/2023	Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	3.9	98.5
23/02/2023	Pimienta negra	<i>Piper nigrum</i>	250.0	93.3
06/03/2023	Lauraseraso	<i>Prunus lauracerasus</i>	3.9	92.7
06/03/2023	Cáscara naranja	<i>Citrus sinensis</i>	7.8	88.9
10/03/2023	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	31.3	94.0
10/03/2023	Clavo	<i>Syzygium aromaticum</i>	62.5	92.2
17/03/2023	Anís	<i>Illicium verum</i>	1.0	76.9
17/03/2023	Comino	<i>Cuminum cyminum</i>	0.2	88.4
17/03/2023	Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	1.0	84.0
17/03/2023	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	1.0	77.8

* Mortalidad ajustada por el control con agua destilada
et al., 2024

Fuente: González-Garduño

La dosis letal 50 más pequeñas en el caso de la eclosión de huevos correspondió a hojas de laurel, lauraseraso, albahaca, semillas de comino y anís, corteza de canela, las demás plantas estuvieron en valores medios. La concentración letal de los productos que tuvieron un comportamiento dosis dependiente se muestra en el cuadro 3.

En general los productos con aceites esenciales tuvieron alta mortalidad en huevos. Sin embargo, el aceite de pimienta tuvo la dosis más alta de los productos utilizados.

Cuadro 3. Mortalidad natural (C), significancia de los parámetros de regresión y concentración letal 50, 95 y 99 de las diferentes plantas utilizadas en la prueba de eclosión de huevos de cyatostominos de caballos.

Nombre científico	C	β_0	β_1	β_0	β_1	CL ₅₀ (mg/mL)	CL ₉₅ (mg/mL)	CL ₉₉ (mg/mL)
<i>Laurus nobilis</i>	0.0756	0.2041	2.0712	**	**	0.8	5.0	10.6
<i>Eucalyptus globosus</i>	0.0888	-2.238	1.3291	**	**	48.3	835	2718.0
	-							
<i>Piper nigrum L</i>	0.091	4.5387	2.1748	**	**	122.2	697.0	1434.0
<i>Oxfendazol 2.5%</i> +								
<i>Closantel 5%</i>	0.0407	0.8033	3.7258	**	**	0.6	1.7	2.6
	-							
<i>Prunus lauracerasus</i>	0.23	1.8696	4.44	*	**	2.6	6.2	8.8
	-							
<i>Ocimum basilicum</i>	0.1885	2.5316	2.4895	**	**	10.4	47.6	51.5
<i>Syzygium aromaticum</i>	0.1966	-9.07	5.0311	**	**	63.7	135.2	184.6
<i>Illicium verum</i>	0.0235	1.048	3.823	**	**	0.53	1.43	2.16
<i>Cuminum cyminum</i>	0.0396	3.44	2.69	**	**	0.05	0.22	0.39
<i>Cinnamomum verum</i>	0.0226	1.22	4.54	**	**	0.54	1.24	1.75
<i>Coriandrum sativum</i>	0.0333	1.04	3.78	**	**	0.53	1.44	2.19

Fuente: González-Garduño et al., 2024

Discusión

Muchas plantas se han utilizado en el control de parásitos en equinos y en Australia se realizó un estudio con extractos crudos en el desarrollo larvario de cyatostominos (Payne et al., 2013). Sin embargo, la búsqueda del ingrediente activo que tiene función parasiticida continua (Borges and Borges, 2016) porque los efectos muchas veces ocurren a nivel *in vitro*, pero a nivel *in vivo* no tienen la efectividad esperada (Jiménez-Penago et al., 2021; Štrbac et

al., 2022), por lo que en este contexto el estudio consistió en un screening con más de 25 plantas de la región para conocer su efecto *in vitro* en cyatostominos de caballos.

Diversos aceites esenciales se han probado en muchos estudios contra bacterias y hongos con resultados prometedores. También en parásitos externos como garrapatas de bovinos (Pazinato et al., 2016) aunque también se han hecho pruebas en huevos y larvas de nematodos, principalmente de *Haemonchus contortus* por la gran importancia en la producción de ovinos (Chagas et al., 2018), así como algunos estudios los han probado en nematodos adultos (Sebai et al., 2022) y en pruebas *in vivo* evaluando la reducción del conteo fecal de huevos (Štrbac et al., 2022).

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas (Asbahani et al., 2015). Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser: compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, acetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos (Eslahi et al., 2017).

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que existen algunas plantas con metabolitos que pueden afectar la sobrevivencia de huevos y larvas de cyatostominos, de ellas los aceites esenciales de comino, canela y laurel tuvieron un efecto notable en la mortalidad de huevos con dosis letales 50 de 0.05 mg/mL, 0.54 mg/mL y 0.8 mg/mL. También en un estudio en Brazil se observaron dosis bajas con aceite esencial de comino, donde con dosis de 0.58 a 9.4 mg/ml se ocasionó de 93 a 98% de mortalidad de huevos y se obtuvo como máximo 69% de desenvolvimiento larval de *Haemonchus contortus* con las dosis de 9.4 mg/mL (Castro et al., 2021). Una concentración más pequeña (0.035 mg/mL) de aceite de comino fue altamente efectiva en huevos de *Fasciola hepatica* de bovinos (Machado Pereira da Silva et al., 2020). En el caso de la canela un estudio en nematodos de cerdos indicó que en concentraciones entre 125 y 1000 µg/mL dio como resultado una inhibición del 100 % de la migración larvaria (Williams et al., 2015). Con laurel han indicado un potencial ovicida *in vitro* en la eclosión de huevos de *H. contortus* a una dosis de 1.72

mg/mL con un 87.5 % de inmovilidad en adultos (Sebai et al., 2022). Mientras que en huevos hubo otros aceites como el de la malva, anís y cilantro que tuvieron acción ovicida con dosis letales menores a 5 mg/mL.

Mientras que otros productos como el aceite de cáscara de naranja no mostraron efecto alguno en la eclosión de huevos de ciatostominos. También las plantas que produjeron cantidades muy pequeñas de aceite no mostraron efecto sobre huevos y larvas, excepto el lauraseraso, del cual se probó el producto derivado del arrastre de vapor tuvo acción ovicida a dosis medias de 3 mg/mL y el cual es la primera vez que se prueba contra ciatostómidos. En un estudio se ha visto el efecto de lauraseraso en hongos a concentraciones de 400 mg/mL (Onaran et al., 2016) y su actividad se atribuye a su alto contenido de compuestos benzaldehídos (Stanisavljević et al., 2010) y de 7-Octadecenoic acid, methyl ester (Hayta, 2015). También en el ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) se observó efecto del extracto de semilla más que de la hoja o la flor de lauraseraso (Akyazi et al., 2015).

Conclusiones

De las plantas con acción ovicida y larvicida sobresalieron las semillas aromáticas que comúnmente se utilizan como condimentos y de los que el comino es uno de los que tuvo la dosis letal más pequeña con menos de 3.2 mg/mL en larvas y 0.05 mg/mL en huevos lo que la convierte en una posibilidad de utilizarse para el control de cyatostominos.

Literatura Citada

Akyazi, R., Soysal, M. and Hassan, E., 2015. Toxic and repellent effects of *Prunus laurocerasus* L. (Rosaceae) extracts against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 39, 367–380

Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E.H.A., Casabianca, H., Mousadik, A. El, Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F.N.R. and Elaissari, A., 2015. Essential oils: From extraction to encapsulation *International Journal of Pharmaceutics*, 483, 220–243 (Elsevier B.V.)

Baranova, M., Panova, O., Polukhina, D. and Panova, D., 2022. Reduction of the nematode egg reappearance period in horses after anthelmintic therapy *Veterinary World*, 15, 1530–1534

Bellaw, J.L. and Nielsen, M.K., 2020. Meta-analysis of cyathostomin species-specific prevalence and relative abundance in domestic horses from 1975-2020: Emphasis on geographical region and specimen collection method *Parasites and Vectors*, 13, 1–15 (BioMed Central)

Borges, D.G.L. and Borges, F. de A., 2016. Plants and their medicinal potential for controlling gastrointestinal nematodes in ruminants *Nematoda*, 3, 0–0

Buza, V., Ctan, L., Andrei, S.M., tefnu, L.C., Rileanu, Matei, M.C., Vlasiuc, I. and Cernea, M., 2020. In vitro anthelmintic activity assessment of six medicinal plant aqueous extracts against donkey strongyles *Journal of Helminthology*, doi: 10.1017/S0022149X20000310

Castro, L.M., Pinto, N., de Moura, M., Freitag, R., Capella, G. de A., Motta, T., Villela, M. and Berne, M., 2021. Atividade in vitro do óleo essencial de *Cuminum cyminum* contra *Haemonchus contortus* de ovinos *Brazilian Journal of Development*, 7, 44079–44091

Chagas, A.C.S., Figueiredo, A., Politi, F.A.S., Moro, I.J., Esteves, S.N., Bizzo, H.R., Gama, P.E. and Chaves, F.C.M., 2018. Efficacy of essential oils from plants cultivated in the Amazonian Biome against gastrointestinal nematodes in sheep *Journal of Parasitic Diseases*, 42, 357–364

Eslahi, H., Fahimi, N. and Sardarian, A.R., 2017. Chemical Composition of Essential Oils,

Eysker, M., Jansen, J. and Mirck, M.H., 1986. Control of strongylosis in horses by alternate grazing of horses and sheep and some other aspects of the epidemiology of strongylidae infections *Veterinary Parasitology*, 19, 103–115

Flota-Burgos, G.J., Rosado-Aguilar, J.A., Rodríguez-Vivas, R.I. and Arjona-Cambranes, K.A., 2017. Anthelmintic activity of methanol extracts of *Diospyros anisandra* and *Petiveria alliacea* on cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) larval development and egg hatching *Veterinary Parasitology*, 248, 74–79 (Elsevier)

González-Garduño, R., Arias-Vázquez, M. S., Cazapal-Monteiro, C., Sánchez-Andrade, R. and Paz-Silva, A. (2024). Preliminary screening of plant essential oils from an oceanic climate zone (NW Spain) for the control of equine cyathostomins. *Discover Applied Sciences*, 6(5), 231.

Hayta, S., 2015. Composition of the essential oil of *Laurocerasus officinalis* from Turkey *Agricultural science research journal*, 5, 215–217

Jiménez-Penago, G., González-Garduño, R., Martínez-Bolaños, L., Maldonado-Siman, E., Cruz-Tamayo, A.A. and Mendoza-de Gives, P., 2021. In vitro anthelmintic activity of *Pimenta dioica* and *Origanum vulgare* essential oils on gastrointestinal nematodes from sheep and cattle *Journal of Parasitic Diseases*, 45, 583–591

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. and Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated Meteorologische Zeitschrift, 15, 259–263

Leathwick, D.M., Sauermann, C.W. and Nielsen, M.K., 2019. Managing anthelmintic resistance in cyathostomin parasites: Investigating the benefits of refugia-based strategies International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance, 10, 118–124

Machado Pereira da Silva, M.A., Zehetmeyr, F.K., Pereira, K.M., Pacheco, B.S., Freitag, R.A., Pinto, N.B., Machado, R.H., Villarreal Villarreal, J.P., de Oliveira Hubner, S., Aires Berne, M.E. and da Silva Nascente, P., 2020. Ovicidal in vitro activity of the fixed oil of *Helianthus annuus* L. and the essential oil of *Cuminum cyminum* L. against *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) Experimental Parasitology, 218, 1–6

Mendoza-de Gives, P., Braga, F.R. and Araújo, J.V.D., 2022. Nematophagous fungi, an extraordinary tool for controlling ruminant parasitic nematodes and other biotechnological applications Biocontrol Science and Technology, 32, 777–793

Nielsen, M.K., 2022. Anthelmintic resistance in equine nematodes: Current status and emerging trends International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance, 20, 76–88 (Elsevier Ltd)

Onaran, A., Sağlam, H.D. and Materials, A.P., 2016. Antifungal Activity of Some Plant Extracts against Different Plant Pathogenic Fungi International Journal of Advances in Agricultural and Environmental Engineering, 3, 284–287

Payne, S.E., Kotze, A.C., Durmic, Z. and Vercoe, P.E., 2013. Australian plants show anthelmintic activity toward equine cyathostomins in vitro Veterinary Parasitology, 196, 153–160 (Elsevier B.V.)

Pazinato, R., Volpato, A., Baldissera, M.D., Santos, R.C.V., Baretta, D., Vaucher, R.A., Giongo, J.L., Boligon, A.A., Stefani, L.M. and Da Silva, A.S., 2016. *In vitro* effect of seven essential oils on the reproduction of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* Journal of Advanced Research, 7, 1029–1034

Raza, A., Qamar, A.G., Hayat, K., Ashraf, S. and Williams, A.R., 2019. Anthelmintic resistance and novel control options in equine gastrointestinal nematodes Parasitology, 146, 425–437

SAS, 2017. SAS/STAT User's Guide, Release 6. S. Inst. (ed), (Cary, NC, USA)

Sebai, E., Abidi, A., Benyedem, H., Dhibi, M., Hammemi, I. and Akkari, H., 2022. Phytochemical profile and anthelmintic effects of *Laurus nobilis* essential oil against the ovine nematode *Haemonchus contortus* and the murine helminth model *Heligmosomoides polygyrus* Veterinary Parasitology, 312, 109835 (Elsevier B.V.)

Stanisavljević, I.T., Lazić, M.L., Veljkovic, V.B., Stojičević, S.S., Veličković, D.T. and Ristić, M.S., 2010. Kinetics of hydrodistillation and chemical composition of essential oil from cherry laurel (*Prunus laurocerasus* l. var. *Serbica pančić*) leaves Journal of Essential Oil Research, 22, 564–567

Štrbac, F., Bosco, A., Amadesi, A., Rinaldi, L., Stojanović, D., Simin, N., Orčić, D., Pušić, I., Krnjajić, S. and Ratajac, R., 2021. Ovicidal potential of five different essential oils to control gastrointestinal nematodes of sheep Pakistan Veterinary Journal, 1–6

Štrbac, F., Bosco, A., Maurelli, M.P., Ratajac, R., Stojanović, D., Simin, N., Orčić, D., Pušić, I., Krnjajić, S., Sotiraki, S., Saralli, G., Cringoli, G. and Rinaldi, L., 2022. Anthelmintic Properties of Essential Oils to Control Gastrointestinal Nematodes in Sheep—*In Vitro* and *In Vivo* Studies Veterinary Sciences, 9, 1–15

Williams, A.R., Ramsay, A., Hansen, T.V.A., Ropiak, H.M., Mejer, H., Nejsun, P., Mueller-Harvey, I. and Thamsborg, S.M., 2015. Anthelmintic activity of trans-cinnamaldehyde and A-and B-type proanthocyanidins derived from cinnamon (*Cinnamomum verum*) Scientific Reports, 5, 1–12 (Nature Publishing Group)

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Resumen

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. General Terán. ³Facultad de Ingenierías y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Huimanguillo. ⁵Grupo Papalotla S.A de C.V. *Autor para correspondencia: a2213058001@alumnos.uat.edu.mx

Los resultados mostraron que el pasto Cayman Blend fertilizado presentó la mayor producción de forraje en comparación con la parcela que no se fertilizó ($16,806.10 \text{ k/ha}^{-1}$ vs $7,866.40 \text{ k/ha}^{-1}$), haciendo una diferencia de $8,939.79 \text{ k/ha}^{-1}$; además, tuvo 15.75 % más de PC (17.01 vs 14.33) y la leche de las vacas que consumieron este pasto presentaron 31.68 % más de grasa (3.99 vs 3.03). Se concluye que, la fertilización nitrogenada duplicó la producción de forraje e incrementó la concentración de proteína en los pastos y el porcentaje de grasa en leche.

Palabras claves: Cayman blend, forraje, grasa, lactosa, proteína

Introducción

La leche es un alimento nutritivo, que forma parte de la dieta básica de las personas, en particular, de niños (Fernández et al., 2015). Es considerada una fuente importante de vitamina D, calcio, proteínas y energía. En forma aproximada, el 57 % de la leche que se consume en el mundo es leche de vaca (Fuentes, 2019 y Aaradhana et al., 2023). Su contenido de grasa se encuentra entre el 3 y 4 % de su composición total y de esta, el 98 % corresponde a triglicéridos.

La composición química puede modificarse por efecto de la raza, edad, estado de salud y etapa de lactancia. En el caso del contenido de grasa y proteína el factor que más influye para su cambio es la alimentación (Allothman et al., 2019). Por lo que, la síntesis de grasa láctea se ve influenciada por el tipo de alimento que consume como el pasto, los forrajes verdes, el ensilaje, suplementos con grasas o semillas oleaginosas (Acosta et al., 2022b) y por el uso de complementos vitamínicos-minerales (Kesek et al., 2014).

Respecto al pasto, los sistemas de producción con rumiantes dependen en forma principal del recurso forrajero, ya que éstos aportan casi el 90 % de los nutrimentos requeridos por los animales (Ruíz, 2011). Sin embargo, la calidad y cantidad de la pradera ofertada a los animales, no es persistente a través del año debido a factores de tipo climático que limitan la producción e intervienen en la calidad nutricional de los pastos, como lo son: la temperatura

ambiental, la humedad relativa, velocidad del viento y precipitación pluvial (Acosta et al., 2022b).

Debido a lo anterior, deben tomarse en cuenta las diferentes técnicas de manejo que ayuden a los pastos a incrementar la producción forrajera, elevar su valor nutritivo y al mismo tiempo hacer más eficiente la pradera. Dentro de dichas técnicas están la fertilización nitrogenada, la cual provoca mayor síntesis y acumulación de lípidos en la planta (Mojica et al., 2017; Acosta et al., 2024). Es por ello, que la presente investigación tuvo la finalidad de ver el efecto que tiene la fertilización, a base de nitrógeno, en la composición bromatológica de los pastos y su repercusión en la composición química de la leche de vacas que consumen dicho pasto.

Materiales y métodos

Lugar y área de estudio

El estudio se realizó en un rancho privado con un sistema de producción de doble propósito, ubicado en el estado de Tabasco, México (Longitud: -98.102778 y Latitud: 22.784167; 20 msnm). El clima de la región es tropical con lluvias todo el año y la precipitación promedio anual registrada fue 2,452 mm año⁻¹. Se utilizaron dos parcelas de 7,200 m² c/u con pasto Cayman blend (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BR02/1752+GP0423).

Fertilización y manejo del pasto

28 y 10 días antes del experimento, sólo una de las parcelas se fertilizó a razón de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (utilizando urea) y la otra quedó como parcela testigo, por lo que se tuvieron dos tratamientos: 1) pasto fertilizado y 2) pasto sin fertilizar.

Manejo y alimentación de las vacas

Para el experimento, se utilizaron 10 vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo Americano x Cebú en mediados de lactancia (500 $\pm$ 20 kg PV; 180 $\pm$ 20 DEL y 2.3 $\pm$ 0.8 partos; media $\pm$ desviación estándar),

distribuidas en dos grupos de cinco vacas cada uno. Los grupos se asignaron de forma aleatoria a cada una de las parcelas utilizando un diseño completamente al azar.

Las vacas tuvieron un periodo de adaptación de siete días y un periodo experimental de 21 días. El pastoreo fue rotacional intensivo con un día de ocupación, por cada división, y 28 días de descanso. La dieta de las vacas se complementó con alimento comercial a razón de 2 kg MS⁻¹ d⁻¹ vaca⁻¹, el cual se les dio al momento de la ordeña (6:00 am).

Muestras

Después del periodo de adaptación, los muestreos de pasto y leche se hicieron los días 14, 21 y 28. Para obtener las muestras de pasto, dentro de la división correspondiente de ese día y de forma aleatoria, se eligieron tres puntos a muestrear utilizando un cuadro de 0.25 m². El pasto se cortó a una altura de 10 cm del suelo simulando el bocado del animal y las muestras se guardaron en bolsas de papel previamente identificadas para su posterior análisis.

Para las muestras de leche se utilizó un pesador automático de leche (Waikato MK), con los cuales se obtenía una muestra proporcional de leche, las cuales se guardaron en frascos esterilizados y se almacenaron en refrigeración (4 °C) hasta su respectivo análisis.

Variables medidas

En pasto: Producción de forraje total (k/ha^{-1}), composición bromatológica (% MS de proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y extracto etéreo (EE)).

En leche: Composición química (porcentaje (%)) de proteína, grasa y lactosa).

Análisis de laboratorio

La composición química del pasto se determinó siguiendo las metodologías; AOAC (1990) para la proteína cruda, Van Soest et al. (1991) para la fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, Goering y Van Soest (1970) para la digestibilidad in vitro de la materia seca y Soxhlet (1879) para el extracto etéreo. La composición química de la leche se determinó utilizando un analizador por ultrasonido marca LactiCheck™-01 RapiRead.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

F; fertilizado, NF; no fertilizado, PC; proteína cruda, FDA; fibra detergente ácida, FDN; fibra detergente neutra, DIVMS; digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EE; extracto etéreo. Nota: Letras diferentes (^a y ^b) en la misma fila y dentro de cada factor (tratamientos o días de muestreo) indican diferencia significativa (Tukey, P=0.05), *p≤ 0.05, ** p≤ 0.01, NS; diferencia no significativa, p>0.05.

De los componentes de la leche, la grasa presentó diferencia significativa respecto a los tratamientos en el porcentaje, por lo que, la leche de las vacas que consumieron pasto Cayman blend fertilizado tuvo 31.68 % más de grasa. En cuanto a los días de muestreo, la grasa aumentó 9.85 % para el día 28. La concentración de proteína y de lactosa se mantuvo con el tiempo (Tabla 2).


AGRICULTURA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL


inifap
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias


SEDAPOP
 SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO, FORESTAL Y PESCA


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
 "ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"


UPM
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL MARÍTIMO


CCYTET


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

Tabla 2. Composición química de la leche de vacas que consumieron pasto Cayman blend (*Urochloa* híbrida cv. CIAT BR02/1752 + GP0423) con y sin fertilización nitrogenada.

Variab les	Tratamiento		Días de muestreo			P-Values		
	F	NF	14	21	28	Tratamie nto	Días	Tratamiento*Dí as
Porcentaje (%)								
Grasa	3.99 ^a	3.03 ^b	3.35 ^b	3.50 ^{ab}	3.68 ^a	*	NS	NS
Proteí na	3.37	3.41	3.42	3.42	3.33	NS	*	NS
Lactos a	4.85	4.92	4.94	4.93	4.79	NS	*	NS

F; fertilizado, NF; no fertilizado. Nota: Letras diferentes (^a y ^b) en la misma fila y dentro de cada factor (tratamientos o días de muestreo) indican diferencia significativa (Tukey, P=0.05), * p≤0.05, NS; diferencia no significativa, p>0.05.

Discusión

Producción de forraje

En ésta investigación, la fertilización nitrogenada duplicó la producción de forraje, la cual fue mayor a la obtenida por Wilson-García et al. en 2021 (8,960 k/ha⁻¹) y menores a las reportadas por Aguirre y Zavala en 2014 (33,771 y 28,129 k/ha⁻¹, en dos ciclos de pastoreo). Además, la producción de forraje, de la parcela sin fertilizar, fue similar a la reportada por Castillo e Hidalgo en 2016 (7,806 k/ha⁻¹), quienes tampoco aplicaron ningún tipo de fertilización en la parcela. Las diferencias entre investigaciones podrían deberse al tipo y fertilidad del suelo, y las condiciones climáticas que se presentaron en los periodos de muestreo.

La producción de forraje y la calidad nutritiva de los pastos están sujetas a factores abióticos como: temperatura, humedad, radiación solar, fertilidad del suelo y fertilización mineral; y bióticos: siendo la especie forrajera y el manejo del cultivo, los factores principales

(Delorenzo, 2014). Respecto a los efectos de fertilización mineral, el nitrógeno es un elemento que participa en la producción de la hormona citocinina, responsable del crecimiento de las plantas y activa el proceso de división y diferenciación celular (Rodríguez et al., 2021). Asimismo, promueve la fotosíntesis, aumenta las concentraciones foliares de nitrógeno produciendo cambios en las características estructurales y morfológicas de los pastos, es decir, aumenta el tamaño y el número de hojas, estimula el crecimiento de la planta mediante la elongación de los entrenudos y aumenta entre 31 y 79 % el área foliar (de Andrade et al., 2017 y You et al., 2017). El nitrógeno es el nutriente de mayor importancia para la producción forrajera, por lo que, las dosis utilizadas deben optimizar la producción de biomasa y en sí, potencializar las producciones de las gramíneas (Benalcázar, 2021).

Composición bromatológica del pasto

La concentración de PC se vio favorecida por el nitrógeno. El resultado de la parcela fertilizada fue superior a las concentraciones obtenidas por David (2021), quien, además de evaluar sólo la fertilización (9.23 % de PC), también evaluó la asociación del Cayman con dos leguminosas; *Leucaena diversifolia* y *Tithonia diversifolia* (11.75 y 9.98 % de PC, respectivamente). Por otra parte, la concentración de PC del Cayman no fertilizado, fue superior a la registrada por Bastidas et al. en 2020 (8.3 %) e inferior a las de Guerra-Narváez en 2016 (entre 11.7 y 15.1 %) a diferentes edades. Acosta-Balcazar et al. (2024) mencionan que el nitrógeno participa e incrementa la síntesis de compuestos metabólicos en el pasto, especialmente en las hojas y Bastidas et al. (2020) dicen que es el principal constituyente de las proteínas, por lo que el aumento de este componente puede ser de hasta 57 %.

Los contenidos de FDA y FDN, de este experimento, fueron mayores en el Cayman sin fertilizar. Estos resultados son inferiores a los reportados por otros autores. Por ejemplo, David (2021) encontró porcentajes de 39.38 % para FDA y 67.01 % para FDN en Cayman fertilizado y en combinaciones con dos leguminosas, los datos obtenidos fueron entre 40.43 y 39.21% de FDA y entre 65.04 y 66.10 % de FDN. Por su parte, Guerra (2016) reportó concentraciones de entre 38.6 y 40.01 % para FDA y entre 60.9 y 62.4 % de FDN. El contenido de la FDA nos sirve para evaluar la digestibilidad de los pastos, mientras que la



FDN se refiere a la proporción de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) que pudiera llegar afectar la disponibilidad de energía metabolizable y limitar la capacidad ingestiva de los animales (Merlo et al., 2017 y Peralta y Ruíz, 2020). Las variaciones de los contenidos de pared celular a consecuencia de la lignificación, afecta el balance entre energía y proteína a nivel ruminal, lo que limita a las bacterias el contacto con los componentes de la pared celular y reduce el nivel de degradabilidad (David, 2021).

A pesar que la DIVMS fue similar en ambos tratamientos, cabe mencionar que nuestros datos fueron similares al reportado por Bastidas et al. en 2020 (74.7 %) y fueron superiores a los de Guerra en 2016 (entre 57.7 y 58.8 %). Los altos contenidos de fibra traen como consecuencia una baja digestibilidad, entre mayor sea el contenido de las fibras (FDN y FDA) menor será la DIVMS (Pereira et al., 2019).

En lo que respecta al EE, se presentó una disminución en el pasto fertilizado. Nuestros resultados contradicen a lo dicho por Glasser et al. (2013) quienes afirman que, con la fertilización nitrogenada se podría provocar mayor síntesis y acumulación de lípidos en la planta. A pesar de ello, los datos que se obtuvieron fueron superiores a los encontrados por López et al. (2022) quienes, a diferentes edades, encontraron concentraciones de entre 1.52 y 1.84 %. De acuerdo con lo dicho por, por los mismos autores, nuestros resultados se encuentran dentro del rango de 1.49 a 1.84 % de EE, considerado adecuado para pastos tropicales.

Las disminuciones presentadas en la FDA y el EE en el último día de muestreo pudieron deberse a que, a medida que avanza el desarrollo vegetativo ocurre una drástica disminución del contenido celular y, además, las hojas se hacen viejas y pierden su capacidad fotosintética (Merlo et al., 2017).

Composición química de la leche

El porcentaje de grasa fue mayor en el grupo de vacas que estuvo consumiendo pasto fertilizado, esto podría explicarse por la mayor cantidad de fibra a la que tuvieron acceso, ya que gracias a la fertilización nitrogenada se incrementó la producción de forraje. Cuando el consumo de fibra es mayor, se incrementa la intensidad de la actividad ruminal fermentativa,

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (CVU:737742) del primer autor.

A Semillas Papalotla S.A. de C.V. por el financiamiento parcial de este experimento.

Literatura citada

Aaradhana, S. K., E. A. Kumar S. Vignesh, D. V. Chidanand and N. Baskaran. 2023. Evaluating the effects of different processing methods on the nutritional quality of bovine milk. Food and Humanity 1, 128-136.

Acosta, B. I. C., J. Quiroz V., L. Granados Z., E. M. Aranda I., E. Hernández N., J. A. Rincón R., and L. et al. 2022a. Effect of genotype, lactation and climatic factors on fatty acid profile of bovine milk. Czech J Anim Sci 67(5), 167-175.

Acosta, B. I. C., L. D. Granados R., J. Salinas C., B. Estrada D., M. Ruíz A. and Y. Bautista M. 2022b. Relationship between the composition of lipids in forages and the concentration of conjugated linoleic acid in cow's milk: A review. Animals 12(13), 1621.

Acosta, B. I. C., Y. Bautista M., B. Estrada D. and L. D. Granados R. 2024. Nitrogen and phosphorus fertilization and regrowth age on the fatty acid profile in tropical grasses during the dry and rainy seasons. Chil. J. Agric. Res 84(2), 291-300.

Aguirre, J. D. y A. Zavala. 2014. Establecimiento y evaluación de la germinación, crecimiento, producción de biomasa y respuesta en la producción de leche de los pastos Mulato II (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT 36087) y Cayman (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT BR02/1752) bajo condiciones del trópico seco. Tesis doctoral. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Zamorano, Honduras. 21p.

Alothman, M., S. Hogan A., D. Hennessy, P. Dillon, K. Kilcawley N., M. O'Donovan, et al. 2019. The “grass-fed” milk story: Understanding the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk. *Foods* 8(8), 350.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

Bastidas, M., D. Villegas, A. Ruden, J. Mazabel, K. Enciso, J. F. Gutiérrez S. et al. 2020. Determinación de la eficiencia en el uso del nitrógeno (UEN) por principales pasturas forrajeras de trópico bajo en respuesta a diferentes fertilizantes nitrogenados-Informe final de resultados. Alianza Bioversity – CIAT. Forrajes tropicales. Palmira, Colombia. 79p.

Benalcázar, C. B. P., V. C. López C., F. A. Gutiérrez L., S. Alvarado O. and A. R. Portilla N. 2021. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de cinco pastos perennes en Ecuador. *Pastos y Forrajes* 44.

Botana, A., C. Resch, L. González, T. Dagnac, S. Pereira C., B. Fernández L. et al. 2016. Efecto de la inclusión de ensilado de leguminosas anuales en la ración del Ganado vacuno sobre la producción y el perfil de ácidos grasos de la leche. *Innov. Sost. Pastos* 1, 241-246.

Calvache, G. I. y A. Navas P. 2012. Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Rev. Cien. Anim.* 1(5), 73-85.

Castillo, A. F. y F. Hidalgo M. 2016. Caracterización de sistema de pastoreo rotacional intensivo con pasto Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087) y Cayman (*Brachiaria* híbrido CIAT BR02/1752). Tesis doctoral. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Zamorano, Honduras. 22p.

Corzo, M. J., A. Caballero L. y E. Rivera M. 2018. Factores que influyen en la composición

y

calidad microbiológica de la leche cruda almacenada en un centro de acopio. Cien. Tecnol. Aliment. 16(1), 86-106.

David L., K. L. 2021. Evaluación productiva del pasto Cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) en sistemas silvopastoriles en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 49p.

de Andrade, G. F. M., F. Barbosa Z., L. Gerdes, A. Aparecida G., K. Batista, W. Teixeira M. et al. 2017. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: A review. Afric. J. Agric. Res. 12(2), 85-92.

Delorenzo, D. 2015. Taller Manejo de sistemas de producción lechera basados en pradera. Taller para el manejo del pastoreo. Lloa, Quito, Ecuador.

Fernández, F. E., J. A. Martínez H., V. Martínez S., J. M. Moreno V., L. R. Collado Y., M. Hernández C. et al. 2015. Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. Nutri. Hosp. 31(1), 92-101.

Fuentes, C. A. A. 2019. Cambios en el consumo y percepciones en torno a la alimentación saludable de la leche tradicional y bebidas de origen vegetal. RIVAR 6(17), 1-14.

Glasser, F., M. Doreau, G. Maxin, and R. Baumont. 2013. Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. Anim. Feed Sci. Technol. 185(1-2), 19-34.

Goering, H. K. and J. Van Soest P. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). US Agricultural Research Service.

Guerra, N. C. A. 2016. Efecto de la edad de corte en la productividad de los pastos Mulato II (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT 360S7), Cayman (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT BR 02/1752) y Tobiata (*Panicum máximum*) en Zamorano, Honduras. Tesis doctoral. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 25p.

Kęsek, M., T. Szulc, and A. Zielak S. 2014. Genetic, physiological and nutritive factors affecting the fatty acid profile in cows' milk—A review. Anim. Sci. Paper Rep. 32:95-105.

López, G. S. J., S. Santos J., E. I. Sánchez B., M. M. Galicia J., N. Y. Ávila S., M. A. Camacho E. et al. 2022. Chemical composition and *in vitro* ruminal fermentation of Cayman (BR/1752) and Cobra (BR/1794) grasses grown under salt stress conditions. Trop. Subtrop. Agroec. 25(3).

Merlo, M. F. E., L. Ramírez A., A. J. Ayala B., y J. C. Ku V. 2017. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. J. Selva Andina Anim. Sci. 4(2), 116-127.

Mojica, R. J. E., E. Castro R., J. Carulla F. y C. E. Lascano A. 2017. Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales. Cienc. Tecnol. Agrop. 18:217-232.

Mojica, R. J., E. Castro R., J. Carulla F., y C. Lascano A. 2019. Intensidad de pastoreo sobre perfil lipídico en leche bovina en el trópico seco colombiano. Agronom. Mesoam. 30(3), 783-802.

Peralta, C. E., y H. J. Ruiz A. 2020. Potencial forrajero y nutritivo de los pastos híbridos: *Brachiaria* híbrido CIAT BRO2/1752 cv. Cayman, *Brachiaria* híbrido CIAT BRO2/1794 cv. Cobra y *Brachiaria* híbrido GP 3025 cv. Camello, periodo lluvioso, Finca Santa Rosa Managua 2019. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 86p.

Pereira, V. J., F. de Assis D., M. Lana R., A. Silva de A. and S. Pereira H. 2019. Fertilization with liquid swine manure increases productivity and improves the quality of *urochloa decumbens*. Bioscience J. 35(6), 1862–1870.

Plata, R. D. A., E. Morales A., C. G. Martínez G., G. Flores C., F. López G., F. Prospero B. et al. 2018. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. Trop. Anim. Health Produc. 50, 1797-1805.

Ruiz, P. R. 2011. Producción de leche basada en pastos y forrajes tropicales. Cienc. Tecnol. Ganad. 5: 1-21.

SAS Institute Inc. 2002. Base SAS® 9.0 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Van Soest, P.V., B. Robertson J. and A. Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Von Soxhlet, F. 1879. Polytechnisches. J. Digler's 232, 461.

Wilson G. C. Y., N. E. López Z., S. I. Mendoza P., J. Ventura R., P. Álvarez V., D. Alemán R. et al. 2021. Rendimiento del pasto Cayman (*Urochloa*) con fertilización química y orgánica. Rev. Fitot. Mex. 44(4-A), 737-737.

You, C., F. Wu, Y. Gan, W. Yang, Z. Hu, Z. Xu, et al. 2017. Grass and forbs respond differently to nitrogen addition: a meta-analysis of global grassland ecosystems. Sci. Rep. 7(1), 1563.



FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y EDAD DE REBROTE EN LA CALIDAD DE ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN VEGA DE RIO

Lorenzo Granados Zurita¹, Isabel Cristina Acosta Balcazar^{2*}, Jorge Quiroz Valiente¹, Manuel Barrón Arredondo¹, Jorge David Guiot García³ y Giovanni Concepción García Hernández⁴

Resumen

En las zonas tropicales, la alimentación en la ganadería bovina depende principalmente del consumo de forrajes frescos. Sin embargo, la calidad nutritiva de los forrajes está sujeta a factores como el clima, fertilidad del suelo, genética y manejo del cultivo. De acuerdo con el manejo de los forrajes, existen técnicas que ayudan a incrementar su valor nutritivo y, por ende, hacer más eficiente la pradera. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y el manejo de la edad de rebrote sobre la calidad nutritiva de los pastos tropicales. Por lo que se utilizaron tres parcelas de 80 m², una por cada especie forrajera evaluada: Humidícola, Chontalpo y Mombasa. Las parcelas se subdividieron en dos partes y sólo una se fertilizó con la formula; 150-60-00 (NPK), fraccionada para tres aplicaciones al inicio de las épocas; sequía, lluvias y nortes. Los muestreos se realizaron respecto a las edades de rebrote; 20, 25 y 30 días después de la fertilización. Las variables medidas fueron: PC, FDA, FDN, EE y DIVMS. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas; la parcela grande fue la especie forrajera (*U. decumbens*, *U. humidicola* y *M. maximus*) y la parcela chica fueron las diferentes condiciones de manejo que se evaluaron (F-20 días, F-25 días, F-30 días, NF-20 días, NF-25 días y NF-30 días). En los factores que se presentó significancia ($p \leq 0.05$) se realizó la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los pastos fertilizados tuvieron entre 11.48

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Huimanguillo.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas.

³Grupo Papalotla S.A. de C.V. ⁴ Universidad Popular de la Chontalpa. *Autor para correspondencia: a2213058001@alumnos.uat.edu.mx

y 32.11 % más de PC y fueron 5 % más digestibles que los no fertilizados. La PC y DIVMS fueron similares en las tres edades de rebrote. La fertilización nitrogenada incrementa la calidad nutritiva de los pastos y mejora el porcentaje de digestibilidad de los mismos.

Palabras claves: *Urochloa decumbens*, *Urochloa humidicola*, *Megathyrus maximus*, digestibilidad, proteína

Introducción

En las regiones tropicales, la alimentación de la ganadería bovina depende principalmente del consumo de forrajes frescos, ya que, aproximadamente, el 90 % de los nutrientes requeridos por los animales son derivados de las pasturas y el resto de los complementos y/o sales minerales (Ruiz, 2011). Sin embargo, tanto la producción como la calidad nutritiva de los pastos, en estas regiones, son de tipo estacional, es decir, no son constantes a través del año y están en función de diversos factores como; la especie y variedad de plantas, clima, intensidad de luz, precipitación, fertilización, etapa de crecimiento, fertilidad del suelo, tiempo de pastoreo, época del año y tiempo de descanso (Kalac y Samkova, 2010; Morales et al., 2010 y Granados et al., 2016). Por lo que, el pastoreo, en ocasiones, no puede satisfacer las necesidades nutricionales de los animales, por lo tanto, se vuelve necesario recurrir a la suplementación para proporcionar la energía necesaria para que el potencial genético de un animal pueda ser plenamente alcanzado.

Los pastos más utilizados en las regiones tropicales se clasifican de acuerdo al tipo de suelo donde se desarrollan. Existen gramíneas para suelos inundables como: *Urochloa humidicola*, *Urochloa mutica*, *Echinochloa polystachya* o *Hemarthria altissima*. Para suelos no inundables: *Andropogon gayanus*, *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens* o *Cynodon dactylon* y, para suelos de baja fertilidad: *Urochloa*, *Axonopus*, *Paspalum* e *Hyparrhenia* (Meléndez, 2012).

Los pastos obtienen sus nutrientes de la luz solar y del suelo y éste, a su vez, es fertilizado a través de las excretas de los animales y de la hojarasca. Los pastos requieren de nutrientes

necesarios de forma rápida para su crecimiento, en particular, para generar las primeras hojas, y con ello puedan realizar su metabolismo que lleva al crecimiento y desarrollo de la planta (Avellaneda et al., 2020). En la actualidad, existen cultivares de gramíneas forrajeras que pueden adaptarse a las condiciones del clima y suelos del trópico, y con ello incrementar la productividad de la pradera, ya que algunas superan en rendimiento de materia seca a los pastos nativos.

Por otra parte, los pastos muestran diferentes respuestas productivas a los estímulos ambientales y al manejo agronómico; por ello, se tiene que implementar un programa de manejo que vaya de acuerdo a las características y necesidades de cada pasto y que ayuden a incrementar su valor nutritivo y hacer más eficiente la pradera. Dentro de dichas técnicas están; la fertilización nitrogenada y el manejo de la edad de rebrote (Mojica et al., 20219). Respecto a la fertilización, el nitrógeno estimula la producción de materia seca, incrementa la cantidad de hojas y estimula la síntesis de componentes metabólicos como la proteína de la hoja (Acosta et al., 2022). Mientras que, con la madurez, el pasto presenta cambios en los componentes del contenido celular, estructurales y digestibilidad; por tanto, bajo condiciones de pastoreo, dichos cambios suceden de forma diferente y están directamente relacionados con la cantidad y componentes indigestibles del forraje residual después de un pastoreo (Zambrano, 2016). Asimismo, con la edad del rebrote se puede conocer el tiempo y la mayor o menor disponibilidad de forraje sin que el contenido nutrimental se vea afectado. Es por ello que, la finalidad de este trabajo fue conocer la calidad nutricional de tres gramíneas tropicales empleando fertilización nitrogenada a diferentes edades de corte en las tres épocas del año en un suelo fluvisol en vega de río.

Materiales y métodos

Sitio de investigación

El estudio se realizó en un rancho privado ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco (17° 38' 38.2" N; 93° 23' 36.9" O; 20 msnm). El clima de la región se clasifica como cálido húmedo. La lluvia promedio anual es 2,295 mm año⁻¹, es húmedo de junio a octubre, con 70

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Fertilización

La fertilización se hizo al voleo usando la fórmula 150-60-00 (N-P-K). La urea se utilizó como fuente de nitrógeno y el superfosfato triple de calcio como fuente de fósforo. La fórmula fue fraccionada en tres partes para cada una de las épocas evaluadas (sequía, lluvias y nortes). El día de la fertilización, se hizo un corte uniforme a las parcelas, a una altura de 10 cm y se tomó como el día 1 del periodo de muestreo.

Muestreo

Las muestras de pastos se obtuvieron de acuerdo con la edad del rebrote, es decir, los días 20, 25 y 30 después de cada fertilización. Para ello, con la ayuda de un cuadro de 0.25 m², se eligieron cinco puntos al azar por cada especie y tratamiento.

Después, las 5 muestras de cada subparcela se mezclaron y se sacó una submuestra de 300 g la cual fue llevada al Laboratorio de forrajes del C.E.-Huimanguillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias para ser secada en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 h y molida en un molino de la marca Willey utilizando una malla de 1 mm, la cual se utilizó para determinar la composición bromatológica.

Las variables medidas fueron: Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) Extracto Etéreo (EE) y Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS).

Análisis de laboratorio

La composición química del pasto se determinó siguiendo las metodologías; AOAC (1990) para la proteína cruda, Van Soest et al. (1991) para la fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, Goering y Von Soest (1970) para la digestibilidad in vitro de la materia seca y Von Soxhlet (1879) para el extracto etéreo.

Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas; la parcela grande fue la especie forrajera (*U. decumbens*, *U. humidicola* y *M. maximus*) y los factores fueron las diferentes condiciones de manejo que se evaluaron; fertilizado y no fertilizado y la edad de corte (20, 25 y 30 días).

La comparación de medias se hizo a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0 (2002).

Resultados

Época de sequía

Las variables evaluadas presentaron diferencias ($P=0.05$) respecto a la especie (excepto EE) y al tipo tratamiento (excepto FDA y EE), mientras que, por la edad de rebrote, sólo FDA mostró significancia (Cuadro 1).

El pasto Mombasa tuvo 38.14 % más de PC y fue 10.70 % más digestible en comparación con el Humidícola; éste, tuvo 10.31 y 9.18 % más de FDA y FDN (respectivamente) respecto al pasto Chontalpo. Por otro lado, los pastos fertilizados presentaron 27.52 y 4.84 % más PC y DIVMS que los no fertilizados. Los pastos que no recibieron fertilización mostraron 5.00 y 5.23 % de FDA y FDN, respectivamente, en comparación con los

fertilizados (Cuadro 1). En lo que respecta a la edad de rebrote, la PC y la digestibilidad aumentaron conforme la maduración del pasto (23.02 y 1.96 % más a los 30 días).

Cuadro 1. Composición bromatológica de tres especies forrajeras con dos tratamientos y tres edades de corte en la época de sequía.

Variables	PC	FDA	FDN	DIVMS	EE
Especie					
Humidícola	10.46 ^a	39.25 ^a	65.00 ^a	63.83 ^b	2.18
Chontalpo	12.66 ^{ba}	35.58 ^b	59.53 ^b	69.66 ^a	2.60
Mombasa	14.45 ^b	38.28 ^{ba}	62.46 ^{ba}	70.66 ^a	2.23
Tratamientos					
Fertilizado	14.04 ^a	36.78	60.74 ^b	69.66 ^a	2.38
No fertilizado	11.01 ^b	38.62	63.92 ^a	66.44 ^b	2.28
Edades (días)					
20	11.16 ^b	39.43 ^a	63.75	67.83	2.26
25	12.68 ^{ab}	37.56 ^{ba}	61.75	67.16	2.41
30	13.73 ^a	36.10 ^b	61.50	69.16	2.33

PC proteína cruda; FDA fibra detergente neutra; FDN fibra detergente ácida; DIVMS digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EE extracto etéreo. Letras diferentes en la fila (a, b y c) indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) de las variables por especies, tratamientos y edades.

Época de lluvias

En esta época, en las variables se encontraron diferencias significativas respecto a la especie (con excepción de la PC y el EE). De acuerdo al tipo de tratamiento, no hubo diferencias y, por la edad de rebrote, sólo EE mostró significancia (Cuadro 2).

La fertilización fue el factor que no afectó a las variables evaluadas, por lo que éstas mostraron comportamientos similares entre tratamientos. Sin embargo, de forma descriptiva, puede mencionarse que los pastos fertilizaron tuvieron mayor PC, EE y fueron más

digestibles (11.48, 7.14 y 4.43 %) y presentaron 1.42 y 2.49 % menos de FDA y FDN, que los pastos sin fertilizar (Cuadro 2).

Tanto PC, DIVMS y EE aumentaron 16.27, 11.20 y 40.62 % del día 20 al 30. Mientras que el comportamiento de las dos fibras (FDA y FDN) fue de forma contraria, es decir, disminuyeron 2.95 y 4.08 % con el avance de la edad de la planta (Cuadro 2).

Cabe señalar que, en ésta época, las variables; PC, EE y DIVMS disminuyeron 18.76, 25.75 y 9.87 % (respectivamente) y se incrementaron ambas fibras (FDA y FDN) en 20.19 y 11.59 % en comparación con la época de sequía.

Cuadro 2. Composición bromatológica de tres especies forrajeras con dos tratamientos y tres edades de corte en la época de lluvias.

Variables	PC	FDA	FDN	DIVMS	EE
Especie					
Humidícola	8.60	44.80 ^{ba}	73.75 ^a	56.66 ^b	1.50
Chontalpo	11.30	42.16 ^b	65.06 ^b	64.66 ^a	2.08
Mombasa	10.61	48.91 ^a	69.88 ^{ba}	62.66 ^{ba}	1.60
Tratamientos					
Fertilizado	10.77	44.95	68.68	62.66	1.80
No fertilizado	9.57	45.66	70.44	60.00	1.68
Edades (días)					
20	9.40	45.75	71.06	58.00	1.60 ^{ba}
25	10.20	45.78	69.46	61.50	1.38 ^b
30	10.93	44.40	68.16	64.50	2.25 ^a

PC proteína cruda; FDA fibra detergente neutra; FDN fibra detergente ácida; DIVMS digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EE extracto etéreo. Letras diferentes en la fila (a, b y c) indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) de las variables por especies, tratamientos y edades.

Época de nortes

Las variables evaluadas mostraron diferencias significativas respecto a la edad (excepto la PC). De acuerdo con los tratamientos, no hubo diferencias y la PC sólo mostró variabilidad respecto a la especie (Cuadro 3).

El pasto Mombasa fue la especie que obtuvo 20.17 % más de PC, 11.77 % más de DIVMS y 21.30 % más de EE y fue quien presentó menor contenido de FDN (8.70 %) en comparación con el Humidícola (Cuadro 3). Aunque la fertilización no produjo cambios en las variables, de forma descriptiva, puede mencionarse que los pastos fertilizados tuvieron 32.11 % más de PC y 6.30 % más de EE que los pastos sin fertilizar (Cuadro 3).

El comportamiento de la PC y la DIVMS fue similar a las otras épocas, aumentaron conforme la madurez del pasto; para el caso de la PC, el aumento fue de 10.82 % y para DIVMS fue de 7.31 %. Las FDA, FDN y EE, disminuyeron 7.74, 6.17 y 25.89 % del día 20 al 30 (Cuadro 3).

En ésta época, PC, EE y DIVMS incrementaron 32.64, 11.41 y 27.16 % en comparación con las producciones que se dieron en la época de lluvias, mientras que, FDA y FDN disminuyeron en 9.93 y 11.20 %, respectivamente.

Cuadro 3. Composición bromatológica de tres especies forrajeras con dos tratamientos y tres edades de corte en la época de nortes.

Variables	PC	FDA	FDN	DIVMS	EE
Especie					
Humidícola	11.65 ^b	41.31	65.10	64.50	2.15
Chontalpo	12.95 ^{ba}	39.75	60.31	69.50	2.60
Mombasa	14.00 ^a	41.55	59.43	72.16	2.61
Tratamientos					
Fertilizado	18.68 ^a	40.61	61.97	69.11	2.53
No fertilizado	12.68 ^b	41.13	61.25	68.33	2.38
Edades (días)					
20	12.10	42.88 ^a	63.48 ^a	66.00 ^b	2.78 ^a
25	13.08	40.20 ^b	61.80 ^{ba}	69.33 ^a	2.53 ^{ba}
30	13.41	39.53 ^b	59.56 ^b	70.83 ^a	2.06 ^a

proteína cruda; FDA fibra detergente neutra; FDN fibra detergente ácida; DIVMS digestibilidad in vitro de la materia seca; EE extracto etéreo. Letras diferentes en la fila (a, b y c) indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) de las variables por especies, tratamientos y edades.

Discusión

La calidad nutritiva de los pastos está sujeta a factores abióticos como la temperatura, humedad, radiación solar fertilidad en el suelo y fertilización mineral; y a factores bióticos, destacando la genética de la especie forrajera y manejo del cultivo (Delorenzo, 2014). La especie con mayor concentración de PC, EE y mayor digestibilidad, en las tres épocas evaluadas, fue el *M. maximus*; la cual, de acuerdo con Meléndez (2012), es una especie que se desarrolla muy bien a pleno sol y suele ser tolerante a la baja fertilidad edáfica y al drenaje semideficiente. Cabe mencionar que los porcentajes de PC obtenidos en esta investigación, y en las tres épocas del año, fueron superiores a los reportados por otros autores. Rincón et al. (2018) registraron un promedio de 8.4 % para *U. humidicola*; Zambrano y Obando (2013)

En lluvias, el crecimiento y maduración del pasto ocurre con mayor rapidez debido a que las condiciones de luz solar, temperatura y humedad son favorables, por lo que se acelera el proceso denominado “dilución de proteína”, las precipitaciones aceleran el proceso de crecimiento y maduración de los pastos y los vuelve más fibrosos y menos digestibles (Lorenzo et al., 2012). También, Velazco et al. (2018) afirman que este fenómeno se debe a que las plantas desarrollan diferentes respuestas para adaptarse a las condiciones de estrés hídrico, una de ellas es la disminución de la expansión foliar y el aumento del crecimiento radicular. Además, el exceso de humedad puede llegar a afectar las raíces por la falta de oxígeno, alterando la actividad fotosintética de los pastos (Zambrano y Obando, 2013).

En lo referente a los tratamientos, la fertilización nitrogenada, ayudó a que los pastos mejoraran su concentración de PC y EE, así como también, mejor digestibilidad en comparación con los no fertilizados, fenómeno que se presentó en las tres épocas evaluadas en esta investigación. El nitrógeno incrementa la síntesis de compuestos metabólicos en el pasto y, además, se obtiene mayor producción de biomasa (Acosta et al., 2022).

Asimismo, el nitrógeno tiene influencia en las características morfogénicas del pasto, participa en la estructura de las proteínas, la clorofila y otros fotosintatos que intervienen en los procesos fisiológicos del vegetal (González, 2014). La deficiencia de nitrógeno limita la productividad de los pastos debido a su acción en el crecimiento expresado como producción de materia seca, así como su efecto en el contenido de proteína cruda y su repercusión en la digestibilidad del forraje (Solano y Villalobos, 2022).

Uno de los factores con mayor influencia en la productividad de una especie forrajera, particularmente en gramíneas forrajeras tropicales, es la edad a la que es sometida a defoliación (por corte o pastoreo). A través de diversos estudios se ha comprobado que el contenido celular de las plantas disminuye conforme avanza la edad del pasto; éste fenómeno se debe al descenso de la actividad metabólica como lo es la síntesis de compuestos proteicos y que a medida que avanza la edad del pasto hay menor proporción de contenido celular (Fernández et al., 2001).

En este trabajo, tanto en lluvias como en nortes, los porcentajes de proteína y digestibilidad fueron similares en las tres edades de rebrote evaluadas. Contradiendo lo dicho por Piñeros

al. (2011), quienes mencionan que suelen presentarse incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos estructurales, a medida que disminuye la transmisión de luz.

Por otro lado, Patiño et al. (2018) afirman que, con el incremento en la frecuencia de corte, existe un incremento gradual de la senescencia y se reduce la tasa fotosintética neta por unidad de superficie; además, trae consigo cambios cuantitativos y cualitativos que afectan de forma directa la pared celular y los nutrientes contenidos en la célula (Méndez et al., 2020); a mayor edad, mayor es la acumulación de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo cual disminuye el porcentaje de digestibilidad de los pastos (Juárez et al., 2011).

Conclusión

- En pasto *Megathyrsus maximus* fue la especie con mayor porcentaje de proteína y mejor digestibilidad durante todo el año.
- La fertilización nitrogenada incrementó la calidad nutritiva de los pastos y mejoró la digestibilidad de los mismos.

Agradecimientos

A Semillas Papalotla S.A. de C.V. por el apoyo parcial a este trabajo.

Literatura citada

Acosta, B. I. C., L. D. Granados R., J. Salinas C., B. Estrada D., M. Ruíz A. and Y. Bautista M. 2022b. Relationship between the composition of lipids in forages and the concentration of conjugated linoleic acid in cow's milk: A review. *Animals* 12(13), 1621.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications) (No. 379). US Agricultural Research Service.

González, C. P. J. 2014. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género *Brachiaria*. Tesis doctoral. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Mayabeque, Cuba.

Juárez, J., E. D. Bolaños A., L. M. Vargas, S. Medina y P. A. Martínez H. 2011. Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Rev. Cubana Cienc. Agric. 45(3), 321-331.

Kalač, P. and E. Samková. 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. Czech J. Anim. Sci. 55:521-537.

Lorenzo, F. J., I. Gómez A. y E. Cordoví C. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. Rev. Produc. Anim. 24:1471.

Mahecha, L. L., J. Angulo A. y W. A. Barragán H. 2017. Calidad nutricional, dinámica fermentativa y producción de metano de arreglos silvopastoriles. Agron. Mesoam. 28:371-387.

Meléndez, N. F. 2012. Principales Forrajes para el Trópico. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca y Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco. México.

Méndez, M. Y., J. J. Reyes P., R. A. Luna M., J. L. Ledea R., W. O. Sornoza Z., F. V. Herrera M. et al. 2020. Efecto de la edad del rebrote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. Sci. Agropec. 11:301-308.

Merlo, M. F. E., L. Ramírez A., A. J. Ayala B., y J. C. Ku V. 2017. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. J. Selva Andina Anim. Sci. 4(2), 116-127.

Mojica, R. J., E. Castro R., J. Carulla F., y C. Lascano A. 2019. Intensidad de pastoreo sobre perfil lipídico en leche bovina en el trópico seco colombiano. Agronom. Mesoam. 30(3), 783-802.

Morales, A. E., A. Soldado A., A. González, I. Martínez F., V. Domínguez, B. de la Roza D. et al 2010. Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. J. Dairy Res. 77:225-230.

Ortega, G. R., E. Castillo G., J. Jarillo R., R. Escobar H., E. Ocaña Z. and B. Valles de la M. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. Trop. Subtrop. Agroecosystems. 13:481-491.

Patiño, P. R. M., R. Gómez S. y O. A. Navarro M. 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. CES Med. Vet. Zoot. 13(1), 17-30.

Piñeros, R., M. Delgado J. y V. Holguín. 2011. Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes intensidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena en el Tolima (Colombia). Cienc. Tecnol. Agropec. 12, 42-50.

Rincón, A., H. Flores, H. Ballesteros y M. León. 2018 Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales Vol. 6:158–168.

Ruiz, P. R. 2011. Producción de leche basada en pastos y forrajes tropicales. Cienc. Tecnol. Ganad. 5: 1-21.

SAS Institute Inc. 2002. Base SAS® 9.0 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Solano, L. M., y V. Villalobos L. 2022. Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. Nutr. Anim. Trop. 16, 82-104.

Sosa, M. E., Z. S. Sánchez S., S. Mendoza P., E. Ramírez B., F. González C. y H. Vaquera H. 2022 Composición química de cuatro gramíneas forrajeras del Estado de Jalisco. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 13.

Suárez, P. E., S. Reza G., F. García C., I. Pastrana V. y E. Díaz A. 2011. Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). Cienc. Tecnol. Agropec. 12:167-174.

Van Soest, P.V., B. Robertson J. and A. Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Velasco, M., A. Hernández, H. Vaquera, J. Martínez, P. Hernández y J. Aguirre. 2018. Análisis de crecimiento de Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa. Revista MVZ Córdoba, 6951-6963.

Von Soxhlet, F. 1879. Polytechnisches. J. Digler's 232, 461.

Zambrano, R. H., y V. Obando E. 2013. Determinación de los factores edafoclimáticos que afectan la productividad y la calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el municipio de la Florida, departamento de Nariño. Tesis doctoral. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia. Nariño, Colombia. 66p.

Zambrano, M. M. A. 2016. Potencial forrajero y valorización nutritiva de los pastos *Brachiaria decumbens* y *Tanzania* con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador.

VALOR NUTRICIONAL Y CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CABRITOS MIXTOS LECHALES LOCALES

Lesli Karina Hernández-Hernández¹, Yuridia Bautista-Martínez^{1*}, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez², Ramiro Alejandro Benavides-González¹, Lorenzo Danilo Granados-Rivera³ y Beatriz Godínez-Juárez⁴

Resumen

En México el sistema de producción caprino se enfoca a la producción de leche la cual es utilizada en dulcería; y la producción de carne. Dentro de la producción de carne se encuentra el cabrito, elemento distintivo de platillos tradicionales del norte de México, se caracteriza por ser una carne suave, de color blanco nacarado, jugosa y con poca grasa, debido a que el sacrificio de los animales se realiza a la edad de 30 días aproximadamente, además de que su alimentación se basa específicamente en la leche materna. Sin embargo, no existe información al respecto sobre las características nutricionales y fisicoquímicas de la carne de cabrito lechal. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el valor nutricional y características fisicoquímicas de la carne de cabritos lechales, en la región de la Comarca Lagunera México. Se muestrearon 14 cabritos mixtos, 7 hembras y 7 machos, nacidos en época invernal alimentados exclusivamente de leche materna. Al alcanzar aproximadamente 57 días y un peso de 7.7 kg, los cabritos fueron sacrificados de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014 y se tomó la muestra de carne del músculo *longissimus dorsi*, para posteriormente ser conservada a -20°C hasta su análisis en laboratorio. Las variables de valor nutricional fueron: materia seca, humedad, proteína, grasa

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Coahuila, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental General Terán. Nuevo León, México.

⁴ Investigador de estancia posdoctoral CONAHCyT en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*Autor de correspondencia: ybautista@docentes.uat.edu.mx

y colágeno; y las variables fisicoquímicas: pH, pérdida por goteo, rendimiento por cocción, Capacidad de Retención de agua (CRA) y color. Además, se determinó el perfil de ácidos grasos. Para determinar si existen diferencias significativas en las variables de valor nutricional, calidad de carne y perfil de ácidos grasos entre cabritos machos y hembras, se realizó una prueba de t-student para medias independientes con el programa de SAS versión 9.3. No hubo diferencia en las características nutricionales y fisicoquímicas de carne de machos y hembras ($P>0.05$). pero si en el perfil de AG de la carne ($P<0.05$). Específicamente en los AG caproico (C6:0), láurico (C12:0) y mirístico (C14:0) presentándose en mayor cantidad en machos; y oleico (C18:1, n-9) en hembras. Los resultados obtenidos abren un amplio panorama para realizar investigación para la mejora del producto.

Palabras clave: ácidos grasos, color, proteína.

Introducción

En México el ganado caprino se enfoca en la producción de carne y leche, en el 2022 se reportó una producción de carne de canal de 77,000 toneladas y 160,000 litros de leche (SIAP, 2022). En los sistemas de producción lecheros de cabra, la leche producida es aprovechada para la elaboración de quesos y dulces como la cajeta. Así mismo se utiliza para la alimentación del cabrito lechal, que es alimentado exclusivamente de leche materna, y sacrificado en promedio a los 30 días de edad.

Las características distintivas de los cabritos lechales es la carne, esta es suave, de color blanco nacarado, jugosa y con poca grasa, lo que lo hace un platillo tradicional en algunos estados de norte de México, donde se consume en ocasiones especiales cocinado al pastor o fritada (SADER, 2022). Este producto también es tradicional en otros países como España, donde se consume asado o frito, ya sea entero o en diferentes piezas como costillas, pierna, chuleta etc.

Debido a que en España la carne de cabrito es un producto con mayor demanda, se ha establecido una norma que describe las características que debe cumplir un cabrito lechal, con relación a la alimentación, edad y peso de la canal, clasificando a los animales en cabrito

lechal ligero, cabrito lechal o cabrito pascual, este último se alimenta también de pastos (BOE, 2011).

En México, el valor nutricional de la carne de cabrito, así como sus características fisicoquímicas han sido poco documentadas, comparado con países donde la producción caprina es importante. Países como España, India, China, Pakistán, Nigeria, Bangladesh e Irán, cuentan con razas de caprinos similares a las que también se producen en México como Saanen (Ekiz et al., 2010). Sin embargo, otras razas documentadas como la Payoya, Gokcead, Maltese, Majorera, Blanca Celtibérica, Negra Serrana, Moncaica por su aptitud cárnica o lechera, son de importancia en estos países, y no son utilizadas en México (Arguello et al., 2005; Alcalde et al., 2017; Guzmán et al., 2019; Ripoll et al., 2021).

En la región de la Comarca Lagunera México, que comprende diez municipios de los estados de Durango y Coahuila, predominan las razas caprinas criollas denominadas como “locales”, y cuentan con un fenotipo definido producto del encaste de diferentes razas como Alpina, Saanen, Nubia y Toggenburg (Salinas-Gonzales et al., 2015) la información respecto a la calidad de carne de este ganado no ha sido documentada, por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el valor nutricional y características fisicoquímicas de la carne de cabritos locales, en la región de la Comarca Lagunera México.

Materiales y métodos

Es estudio se realizó en la región de la Comarca Lagunera, en una unidad de producción particular, ubicada en el ejido de Ignacio Zaragoza, en el Municipio de Viesca, Coahuila, que se caracteriza por ser desértico, semicálido con invierno fresco, y precipitación media anual de 240 mm, con una temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano.

Se utilizaron 14 cabritos criollos, hijos de diferentes padres, nacidos en época invernal (diciembre 2022- febrero 2023), siete machos y siete hembras manejados bajo un sistema extensivo de producción.

Las hembras se encontraban alojadas en corrales individuales de 2 x 3 m con su cría durante

el

periodo que no estuvieron en pastoreo, disponían de agua *ad libitum*, rastrojo de maíz y una piedra de sal mineral. Respecto al manejo alimenticio de los cabritos, estos fueron alimentados en forma exclusiva con leche materna.

Al momento del nacimiento del cabrito se conservó a su madre tres días dentro del corral junto con su cría para que pudiera alimentarlo de forma libre. Posteriormente las cabras madre salían a pastoreo, y los cabritos se mantuvieron en los corrales, donde disponían de sombra y agua *ad libitum*., el pastoreo de las madres fue de 8:00 am a 13:00 horas, y de 16:00 pm a 20:00 horas. El periodo en el que la madre no se encontraba en pastoreo, se mantenía con su cría para amamantarla.

Una vez que los cabritos cumplieron una edad promedio de 57 días y un peso aproximado de 7.7 kg, fueron sacrificados. Los cabritos fueron separados de su madre, alrededor de las 21:00 horas, un día previo al sacrificio y se cumplió con el ayuno mínimo de 12 horas. Alrededor de las 8:00 horas del día posterior fueron transportados de la unidad de producción al rastro Municipal de Matamoros, Coahuila, por un tiempo aproximado de 45 minutos. En el sacrificio en el rastro los cabritos fueron aturdidos con una pistola con perno cautivo, y posteriormente desangrados por un corte en la arteria carótida y la vena yugular, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Una vez obtenidas las muestras de carne se conservaron a -20°C.

El valor nutricional de la carne se evaluó con el analizador de carne (FoodScan™, Ciudad de México, México) el cual determinó proteína, grasa, colágeno y humedad.

El pH de la carne se midió a las 24 h post mortem de un corte del músculo Longissimus dorsi en la costilla 12/13, se utilizó un potenciómetro portátil (HI99163, México) con cuchilla de acero inoxidable y una unión abierta que facilita la perforación de la carne, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00.

El color se obtuvo con un colorímetro (Mod CR-400/410, Minolta, Tokio, Japón) para medir las variables L* (luminosidad), a* (rojo-verde) y b* (amarilloazul) (CIE [Commission International de l'Eclairage], 1986), tomando lecturas en tres puntos diferentes de la superficie del músculo Longissimus dorsi, empleando el método de Hunter.

Para pérdida por goteo (PPG) se tomaron 30 g de muestra de carne. Se utilizó un vaso de unicel e hilo, la muestra tenía que estar suspendida en el aire, dentro del vaso de unicel, con ayuda del hilo cuidando de que la muestra no tuviera contacto con las paredes del vaso. Posteriormente se almacenaron a una temperatura de 4° C y se pesaron 24 h después. La pérdida por goteo se expresó como el porcentaje de pérdida de peso de la muestra con respecto al de su peso inicial (Bautista et al., 2016).

La Capacidad de Retención de agua (CRA), se analizó siguiendo la metodología descrita por Guerrero et al. (2002) empleando algunos cambios. Se pesaron 5 g de carne finamente picada, la muestra se homogeneizó con 8 ml de cloruro de sodio durante 1 minuto utilizando una varilla de vidrio; posteriormente se dejó reposar por 30 minutos en baño con hielo. Posteriormente se centrifugó durante un tiempo de 25 minutos a 35000 r.p.m. Finalmente se determinó el volumen del sobrenadante con ayuda de una probeta. Se reportó la cantidad de ml de solución retenida en 100 g de carne.

Para determinar el rendimiento por cocción (RPC), se tomó una muestra de 50 g de carne y se colocaron en bolsas tipo Ziploc debidamente etiquetadas. Posteriormente se introdujeron a baño maría a una temperatura de 90° C durante un tiempo de 15 minutos. Finalmente se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos, para posteriormente ser pesadas, los resultados se expresan en porcentaje (Ríos y Solarte, 2013).

El perfil de ácidos grasos (AG) se determinó con la técnica de metilación descrita por Jenkins (2010). Para aplicar la metodología, primero se deshidrataron las muestras de carne en una estufa de secado a 60° C. Posteriormente se purificaron las muestras de la carne de acuerdo con la metodología de Feng et al. (2004) y se metilaron. Posterior a la metilación de las muestras, el perfil de AG se determinó en un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático y columna capilar de sílice (100 m x 0.25 mm x 0.20 µm de grosor, Sp-2560, Supelco). La identificación de los AG se realizó comparando los tiempos de retención de cada pico obtenido del cromatograma, con un estándar de 37 componentes de metil ésteres de AG, y un estándar específico para isómeros cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12 de la marca (Nu-Check Prep Inc™, U.S.A.).

Para determinar si existen diferencias significativas en las variables del valor nutricional, calidad de carne y perfil de ácidos grasos entre cabritos machos y hembras, se realizó una prueba de t-student para medias independientes con el programa de SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

El valor nutricional y las características fisicoquímicas de la carne de cabritos de hembras y machos no mostró diferencias ($P>0.05$) respecto al sexo (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Porcentaje del valor nutricional de la carne de cabrito

Variable, %	Macho	Hembra	Valor de P
Materia seca	24.34	25.51	0.0923
Humedad	75.65	74.48	0.0923
Proteína	21.58	22.23	0.0648
Grasa	2.49	2.18	0.1948
Colágeno	1.25	1.17	0.4597

Tabla 2. Porcentaje de las características fisicoquímicas de la carne de cabritos lechales.

Variable	Macho	Hembra	Valor de P
pH	5.99	6.15	0.5624
PPG, %	2.28	3.66	0.0689
RPC, %	69.65	65.51	0.2987
CRA	30.02	26.34	0.1187
L	48.61	48.17	0.7835
a*	17.46	16.99	0.6324
b*	10.06	10.18	0.8919

PPG: pérdida por goteo; RPC: rendimiento por cocción; CRA: capacidad de retención de agua, expresada en ml de NaCl retenidos por 100g de carne; L: luminosidad; a*: indicador de color (rojo a verde); b*: indicador de color (amarillo a azul).

El factor sexo del animal no influye en el valor nutricional de la carne, lo cual coincide con Todaro et al. (2003), quienes concluyeron que en cabritos de la raza Nebrodi, el sexo del animal no modificó el contenido de proteína, grasa y cenizas presentes en la carne.

El porcentaje contenido de proteína en la carne de cabritos criollos locales de la Comarca Lagunera, México (21.58 y 22.23), es superior a los valores de 20.79 y 19.72 reportados por Ripoll et al. (2021), así como los valores de grasa de 2.37 % reportados por Kawęcka et al. (2022). El porcentaje de grasa de carne de cabrito es bajo respecto a de otras especies, debido a que es animal joven y en etapa de crecimiento, por lo tanto, la grasa que se forma en esta etapa es la mesentérica, y la grasa presente en carne es de tipo intramuscular, que es la que se forma en la última etapa de crecimiento del animal, es decir cuando alcanza la edad adulta (Ripoll et al., 2021). El sexo de los cabritos es un factor que no influye en el valor del pH de la carne a las 24 horas post mortem.

Los valores de pH encontrados son cercanos a los 6.03 en machos y 6.06 en hembras reportados por Guzmán et al. (2019) en cabritos de la raza Payoya a los 30 días de edad. Por otro lado, Kawęcka et al. (2022) reportan un pH final de 6.27, superior al de este estudio. Los valores de pH son altos comparados con el pH de 5.5 a 6.0 recomendados para tener una carne normal en especies de interés zootécnico para producción de carne (Adzitey y Nurul, 2011). Este efecto podría deberse a que los cabritos son alimentados solo a base de leche, y que el glucógeno presente en el músculo antes del sacrificio no es abundante, debido al comportamiento inquieto propio de los caprinos (Ripoll et al., 2021) más que a algún estrés crónico previo a la matanza, condición que se ha documentado que ocasiona valores de pH altos en carne (Adzitey y Nurul, 2011).

La PPG, CRA, RPC y color no son modificadas por el sexo de los animales, lo cual coincide con lo reportado por Todaro et al. (2004) y Teixeira et al. (2011). Además, este efecto también puede ser explicado porque no hubo diferencias en los valores de pH respecto al sexo, ya que el 23 pH final bajo o alto, determinará la cantidad de agua que se pierde en la carne durante

su

manejo, así como un color pálido, u oscuro en la carne. Los valores de índice de luminosidad e índice de amarillo obtenidos en este estudio están dentro del rango de valores reportados por otros autores en animales mixtos: L* 39.53 a 50.3 (Bonvillani et al., 2010; Todaro et al., 2004) y b* de 6.42 a 15.69 (Guzmán et al., 2019; Bonvillani et al., 2010), mientras que los valores obtenidos del índice de a* en esta investigación son superiores a los 6.0 a 12.2 reportados por Todaro et al. (2004) y Teixeira et al. (2011). Estas diferencias en el color podrían deberse a factores como la raza y edad del animal al sacrificio.

Los ácidos grasos que se encontraron en mayor cantidad en la carne de cabrito fueron el palmítico (C16:0), oleico (C18:1, n-9), esteárico (C18:0), y mirístico (C14:0), que en total representaron un promedio del 80.85 % de los ácidos grasos que componen la carne de cabritos machos, y 76.83 % de la carne de hembras (Tabla 3).

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos en carne de cabrito lechal

Ácido graso	Nombre común	Macho	Hembra	Valor P
C4:0	Butírico	0.761	1.309	0.2675
C6:0	Caproico	0.511	0.187	0.0005
C12:0	Láurico	1.632	0.842	0.0003
C14:0	Mirístico	9.841	6.920	0.0071
C14:1	Miristoleico	0.339	0.511	0.0658
C15:0	Pentadecanoico	0.826	0.570	0.0958
C16:0	Palmítico	30.55	25.690	0.0990
C16:1 <i>cis</i> -9	Palmitoleico	2.797	3.333	0.4048
C17:0	Heptadecanoico	1.198	0.956	0.1864
C17:1 <i>cis</i> -10	Cis-10-Heptadecenoico	0.797	1.222	0.0519
C18:0	Esteárico	10.686	9.663	0.5400
C18:1 <i>cis</i> -9	Elaidico	0.527	0.849	0.2184
C18:1, n-9	Oleico	29.780	34.56	0.0017

C18:2	Linoleico	3.697	5.353	0.1843
C18:3 n-9,12,15	Linolénico	0.525	0.756	0.1772
C18:2 cis-9, trans-11	ALC	0.283	0.305	0.4821
C20:1 cis-9	Gondoico	0.048	0.044	0.3771
C20:3 n-6	Ácido dihomo- γ -linolénico	0.1130	0.149	0.4172
C20:3 n-3	Cis 11,14,17 Eicosatrienoic	1.663	2.49	0.2692
C22:0	Ácido Behénico	0.431	0.584	0.5001
C22:6 n-3	Ácido docosahexaenoico (DHA)	0.174	0.225	0.4503
AGS		56.45	46.72	<.0001
AGM		34.29	40.53	<.0001
AGP		6.45	9.28	<.0001
No determinados		2.80	3.45	<.0001

^{ab} Literales diferentes en la misma fila presentan diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

La cantidad de los ácidos grasos; caproico, láurico, mirístico y oleico mostraron diferencias ($P < 0.05$) respecto a la cantidad presente en carne de machos y hembras, siendo mayor en la carne de cabritos machos. La cantidad de ácidos grasos saturados fue significativamente mayor en la carne de machos respecto a hembras con valores de 56.45 % y 46.72 % respectivamente, mientras que la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (40.53 %) y poliinsaturados (9.28 %) fue mayor en carne de hembras respecto a los machos ($P < 0.05$).

Los ácidos grasos que se encontraron en mayor cantidad en este estudio, se ubican en el rango de valores mínimos y máximos, reportados en estudios previos, donde se menciona que los ácidos grasos que se encuentran en mayor cantidad en la carne de cabrito, independientemente de la raza o sistemas de alimentación son: ácido palmítico (C16:0) con valores mínimos de 17.32 g/100 g (Todaro et al., 2004) a 25.0 g/100 g (Horcada et al., 2012), ácido esteárico (C18:0) con valores de 7.87 g/100 g (Hulya et al., 2018) a 19.71 g/100 g (Atti et al., 2006) y oleico (C18:1, n-9) con valores de 25.38 g/100 g (Todaro et al., 2004) a 51.08 g/100 g (Hulya et al., 2018). El que predominen estos ácidos grasos en carne de animales

jóvenes y adultos puede explicarse, porque en animales rumiantes, la síntesis endógena en el adipocito a partir de acetato, obtenido durante la fermentación ruminal determina que el ácido palmítico sea el principal producto final, que posteriormente puede ser alargado hasta ácido esteárico o desaturado hasta ácido oleico, y que los ácidos grasos de cadena larga son sintetizados fácilmente en tejido adiposo (Martínez et al., 2010). Por otra parte, en los estudios de Todaro et al. (2004) y Bonvillani et al. (2010), no se encontraron diferencias respecto al contenido de ácidos grasos en carne de cabritos hembras y machos de las razas Nebrodi y Criollo Cordobés respectivamente, así como en la cantidad total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Contrario a lo encontrado en este estudio, donde se muestra que existe una mayor cantidad de los ácidos grasos saturados; caproico, láurico, mirístico en carne de machos respecto a las hembras. Mientras que las hembras tienen una mayor cantidad del ácido 24 graso insaturado oleico, debido a lo anterior la carne de los cabritos machos mostró una mayor cantidad de ácidos grasos saturados y menor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados respecto a la carne de las hembras. Estas diferencias podrían deberse a factores como la raza y alimentación, ya que, si bien al cabrito es alimentado en base a leche, el perfil lipídico de la leche de la madre será determinado en gran parte por la calidad de los ingredientes que conformen su dieta (Madruga et al., 2006).

Conclusión

El sexo del animal no influyó en las características fisicoquímicas y nutricionales de la carne, pero si en el perfil de AG de la carne de cabrito lechal, presentando diferencias en los AG caproico (C6:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y oleico (C18:1, n-9), los cuales fueron mayores en la carne de cabritos machos. El estudio permitió obtener un panorama general de las características de la carne de cabritos mixtos en la zona de la Comarca Lagunera, y de acuerdo a los resultados obtenidos se puedan establecer estrategias para la mejora del producto final.

Bonvillani, A., Peña, F., Domenech, V., Polvillo, O., García, P. T., and Casal, J. J. 2010. Meat quality of Criollo Cordobes goat kids produced under extensive feeding conditions. Effects of sex and age/weight at slaughter. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(1), 116-125.

Ekiz, B., Ozcan, M., Yilmaz, A., Tölü, C., and Savaş, T. 2010. Carcass measurements and meat quality characteristics of dairy suckling kids compared to an indigenous genotype. Meat Science, 85(2), 245-249.

Feng, S. A., Lock, L. A., and Garnsworthy, P. C. 2004. A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. Journal of Dairy Science, 11(87), 3785-3788.

Guerrero, L. I., Ponce, A. E., y Pérez, M. L. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana Unidad Iztapalapa. D. F., México.

Guzmán, J. L., De La Vega, F., Zarazaga, L. Á., Argüello Henríquez, A., and Delgado-Pertíñez, M. 2019. Carcass characteristics and meat quality of conventionally and organically reared suckling dairy goat kids of the Payoya breed. Annals of Animal Science. 19(4), 1143–1159.

Horcada, A., Ripoll, G., Alcalde, M. J., Sañudo, C., Teixeira, A., & Panea, B. (2012). Fatty acid profile of three adipose depots in seven Spanish breeds of suckling kids. Meat Science, 92(2), 89-96.

Hulya, Y., Ekiz, B., and Ozcan, M. 2018. Comparison of meat quality characteristics and fatty acid composition of finished goat kids from indigenous and dairy breeds. Tropical Animal Health and Production, 50, 1261-1269.

Jenkins, T. C. 2010. Technical note: Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. Journal of Dairy Science, 93(3), 1170-1174.



Kawęcka, A., Sikora, J., Gąsior, R., Puchała, M., and Wojtyczka, K. 2022. Comparison of carcass and meat quality traits of the native Polish Heath lambs and the Carpathian kids. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 109-117.

Madruga, M. S., Resosemito, F. S., Narain, N., Souza, W. H., Cunha, M. G. G., and Ramos, J. L. F. 2006. Effect of raising conditions of goats on physico-chemical and chemical quality of its meat. CYTA-Journal of Food, 5(2), 100-104.

Martínez, A. L. M., Alba, L. P., Castro, G. G., y Hernández, M. P. 2010. Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia*, 35(4), 240-246.

Ríos, K. C., y Solarte, W.V.N. 2013. Calidad sensorial y pérdidas por cocción de carne de cerdo: efecto del sexo y fuente de selenio. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*: BSAA, 11(1),130-135.

Ripoll, G., Alcalde, M. J., & Panea, B. (2021). Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar. 117(2): 145-161.

Ripoll, G., Alcalde, M. J., y Panea, B. 2021. Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. Información técnica económica agraria (ART-2021-124384).

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social). 2022. Caprinocultura a la mexicana. Consultado el 20 de agosto del 2022. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/caprinocultura-a-la-mexicana?idiom=es>

Salinas-González, H., Maldonado, J. A., Torres-Hernández, G., Triana-Gutiérrez, M., Isidro-Requejo, L. M., y Meda-Alducin, P. (2015). Calidad composicional de la leche de cabras locales en la Comarca Lagunera de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 14(2), 175-184.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. ¿Qué alimentos obtenemos de los caprinos o chivos? Consultado el 20 de agosto del 2022. <https://www.gob.mx/siap/articulos/caprinos-o-chivos>

Teixeira, A., Jimenez-Badillo, M. R., and Rodrigues, S. 2011. Effect of sex and carcass weight on carcass traits and meat quality in goat kids of Cabrito Transmontano. Spanish Journal of Agricultural Research, (3), 753-760.

Todaro, M., Corrao, A., Alicata, M. L., Schinelli, R., Giaccone, P., and Priolo, A. (2004). Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat. Small Ruminant Research, 54(3), 191-196.

RELACIÓN ENTRE MEDIDAS MORFOLÓGICAS DEL TRONCO EN *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* CON LA PRODUCCIÓN DE FOLLAJE Y RAMAS

Jorge Oliva-Hernández^{1*}, María Aurelia López-Herrera², Erika Belem Castillo-Linares¹ y Alejandra Vélez-Izquierdo³

Resumen

Se realizaron dos estudios independientes con el objetivo de establecer la relación entre altura y diámetro de los árboles de *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* con el rendimiento de follaje comestible para ovinos y ramas a una edad de rebrote de 90 días. Se emplearon 60 árboles de *E. americana* y 54 de *G. sepium* con alturas de $1.7 \text{ m} \pm 0.1 \text{ m}$ y $1.8 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$, respectivamente; diámetros a 0.20 m y 1.3 m del suelo, de $9.4 \pm 2.2 \text{ cm}$ y $6.8 \pm 1.7 \text{ cm}$, respectivamente en *E. americana* y $7.3 \pm 1.6 \text{ cm}$ y $6.2 \pm 1.4 \text{ cm}$, respectivamente en *G. sepium*. La relación entre altura y diámetros del árbol con el rendimiento de follaje y ramas [materia seca (MS) árbol⁻¹], se determinó con correlación. La variación en el rendimiento de follaje y ramas (MS árbol⁻¹) se determinó a través de regresión múltiple. En *E. americana* los diámetros del árbol a 0.20 y 1.3 m del suelo tuvieron asociación positiva con el rendimiento de follaje y ramas ($p < 0.001$). Mientras que en *G. sepium*, únicamente con el rendimiento de follaje ($p < 0.001$). En *E. americana*, el diámetro del árbol a 1.30 m del suelo y la distancia entre árboles explicó 36% de la variación en el rendimiento de follaje (MS árbol⁻¹) ($p < 0.0001$). A diferencia, en *G. sepium* el 14% de la variación en el rendimiento de follaje (MS árbol⁻¹) fue explicada por el diámetro del árbol a 0.20 m del suelo y la altura del árbol ($p < 0.0001$). En ambos tipos de leguminosas arbóreas, el diámetro del tronco no tiene valor predictivo importante en el rendimiento de follaje y ramas.

Palabras clave: Complemento alimenticio, leguminosa arbórea, ovinos, trópico húmedo

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Huimanguillo, Tabasco, México; ²Campo Experimental Mocochoá, INIFAP, Yucatán, México; ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Querétaro, México. *Autor de correspondencia: oliva.jorge@inifap.gob.mx

Introducción

El uso de follaje de diversos árboles con presencia en la región tropical húmeda, se ha propuesto como alternativa para complementar el aporte de nutrientes en ovinos en pastoreo. Algunos de los árboles cuyo follaje es consumido por los ovinos son: *Guazuma ulmifolia* Lam., *Spathodea campanulata*, *Morus alba* L., *Erythrina americana* Mill. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Pinto *et al.*, 2003; Castillo-Linares *et al.*, 2024), destacando las leguminosas arbóreas *E. americana* y *G. sepium* por su presencia en los cercos vivos de las unidades de producción ganaderas y por encontrarse dispersos en las praderas; así como, por su fácil propagación mediante la siembra de material vegetativo utilizando estacas, varetas y postes, que se pueden obtener en la misma unidad de producción o conseguir en unidades de producción vecinas (Enríquez *et al.*, 2011; Oliva *et al.*, 2022).

La disponibilidad continua de follaje de *E. americana* y *G. sepium* a través del año es factible cuando los árboles se someten a un programa de podas controladas a intervalos entre 80 y 100 días, situación que contribuye a dar sostenibilidad a las unidades de producción de ovinos a pequeña escala y las de tipo familiar, en donde el inventario es menor a los 30 ovinos (Meléndez, 2003; Nuncio-Ochoa *et al.*, 2001; Castillo-Linares *et al.*, 2021, 2024). Sin embargo, para facilitar la proyección del número de árboles requeridos para complementar la dieta de los ovinos mediante el follaje es necesario generar modelos que permitan predecir la producción de follaje ante diferentes escenarios de tipo de árbol, medidas alométricas en el tronco del árbol y época del año. Al respecto, altura y los diámetros del tronco a 0.20 y 1.3 m del nivel de suelo se han propuesto para estimar la producción de follaje en *E. americana* (Oliva-Hernández *et al.*, 2021), desconociéndose si estas medidas pudieran ser de utilidad en *G. sepium* tanto para predecir la producción de follaje como de ramas; estas últimas son importantes porque representan una forma de almacenar el carbono que los árboles obtuvieron como consecuencia de capturar el CO₂ de la atmosfera y mediante la fotosíntesis fijarlo en forma de carbono en las hojas, ramas, tallos y raíces (Cabrera *et al.*, 2007). Con base en los antecedentes previos, el objetivo de este estudio fue determinar si hay relación

entre la altura, distancia entre árboles y el diámetro del árbol con el rendimiento de follaje y ramas de *E. americana* y *G. sepium* a una edad de rebrote de 90 días.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló del 16 diciembre de 2022 al 31 de marzo de 2023 en la unidad experimental ovina del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizada en Huimanguillo, Tabasco, México (17° 50' LN, 93° 23' LO) a una altura de 25 msnm; el tipo de suelo pertenece al grupo Fluvisol (INEGI, 2017; Zavala-Cruz *et al.* 2016). El clima que predomina en la región es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) con una variación isotermal entre 24 y 26 °C y una variación pluvial entre 2 000 y 2 500 mm año⁻¹ (INEGI, 2017). En el sitio experimental (17° 51' LN, 93° 24' LO) los promedios en los valores mínimos, medios y máximos de temperatura y el acumulado en la precipitación pluvial que prevalecieron durante los 90 días de crecimiento foliar de las dos leguminosas arbóreas estudiadas se indican en el Cuadro 1. La información climática del sitio experimental se obtuvo de la estación meteorológica localizada en Huimanguillo a 253 m del sitio experimental.

Selección de árboles y poda

Los árboles estudiados formaron parte de un conjunto de 250 árboles situados en los cercos que limitan las praderas utilizadas en el área experimental para el pastoreo de los ovinos (plantados con material vegetativo entre 2009 y 2012) y no recibieron riego, ni fertilización. En función del total de árboles, se eligieron los que estuvieran rectos, sin ramas y que tuvieran una altura de poda entre 1.5 y 2.0 m con el fin de evitar que los ovinos consumieran el follaje y facilitar su cosecha manual durante el estudio; con una distancia entre árboles cercana a 1 m y con un diámetro basal a 0.20 m del suelo mayor a 0.04 m y menor a 0.15 m, variación factible de encontrar en los cercos vivos de fincas ganaderas. Los árboles que reunieron estas características fueron 60 en *E. americana* y 54 en *G. sepium*. El total de árboles se podaron a intervalos de 90 días de manera previa al inicio del estudio para lograr uniformidad en

altura de poda y en la edad de rebrote, de tal modo que, antes de comenzar la evaluación éstos habían recibido, al menos ocho podas.

Variables evaluadas

La variable alométrica altura de poda se midió desde el nivel de suelo y hasta el sitio en donde se realizó el corte de uniformidad de altura. La medición se realizó con una regla graduada en centímetros. El diámetro del árbol se determinó a dos alturas, a 0.20 m con el fin de evitar medir deformaciones en la base del árbol y a la altura del pecho (1.30 m del nivel del suelo), esta última se ha recomendado para describir el árbol, su adaptación al sitio y para estimar su capacidad productiva en madera en volumen árbol⁻¹ y biomasa árbol⁻¹ (Salazar, 1989; López-Merlin *et al.* 2003). La medición se realizó con una forcípula (Haglöf®, Suecia). En cada altura se realizaron dos mediciones y se generó un promedio (FAO, 2004). En estudios previos con *G. sepium* y *E. americana*, establecieron las edades de rebrote de 90 y 120 días como las de mayor rendimiento de materia seca (MS) con relación a las edades de 30 y 60 días (Meléndez, 2003). Así también, a los 90 días de rebrote, el follaje presenta mayor proteína cruda (PC) y menor contenido de carbohidratos estructurales (Hernández-Espinoza *et al.* 2020a), por lo cual se definió evaluar el rendimiento de follaje árbol⁻¹ a los 90 días de rebrote. El follaje incluyó hojas y peciolo sin incluir tallos tiernos ni ramas. El follaje verde y ramas se pesaron utilizando una báscula con capacidad para 5 kg y una precisión de 10 g (Nuevo León SA de CV; modelo L; NOM-1895, México). Se seleccionaron aleatoriamente diez árboles de cada leguminosa arbórea y se colectaron muestras de follaje y ramas. Las cuales se deshidrataron a 70 °C, se molieron y cribaron, utilizando una malla de 1 mm en molino Thomas Wiley (Wiley R Model 4 Mills, Thomas Scientific); posteriormente, a cada una se le determinó por duplicado MS y PC con métodos de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (Latimer, 2012). En el árbol se midieron las variables rendimiento de follaje verde árbol⁻¹ (g) y rendimiento de MS árbol⁻¹ (g). El rendimiento de MS árbol⁻¹ se calculó con los kilogramos de follaje verde cosechado árbol⁻¹ multiplicado por el valor de MS del follaje (%). Mientras que el rendimiento de PC árbol⁻¹

se determinó con el rendimiento de MS árbol⁻¹ multiplicado por el valor de PC del follaje (%).

Análisis estadístico

Se aplicó el test de Shapiro-Wilk a los datos para conocer su distribución, obteniendo que las variables: distancia entre árboles y diámetros del árbol a 0.20 m y 1.3 m del suelo presentaron una distribución normal, el resto de las variables no presentaron una distribución normal. La unidad experimental fue el árbol. Los análisis se efectuaron con el programa estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 2004). La asociación entre altura y diámetro del árbol con el rendimiento de MS árbol⁻¹ se estableció con la correlación de Spearman. La variación en el rendimiento de MS árbol⁻¹ se determinó con regresión múltiple ($p < 0.05$) con la opción stepwise, el coeficiente de Mallows (Cp) como criterio de confianza para elegir entre modelos de regresión y utilizando como variables independientes altura, distancia entre árboles y diámetros del árbol a 0.20 y 1.30 m del nivel del suelo. El modelo para explicar la variación en la variable respuesta fue el siguiente: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_k X_k$, donde: Y = es el valor esperado de rendimiento de MS para un árbol, β_0 = el intercepto con Y, $\beta_1, \dots, \beta_k$ = es la pendiente de la regresión de Y respecto de X_1 para valores fijos de los otros X; X_1 = es la altura del árbol, X_2 = es el diámetro a 0.20 m del mismo árbol y X_3 = es el diámetro a 1.3 m del mismo árbol.

Resultados y Discusión

Condiciones climáticas

Durante el período de estudio los promedios en la temperatura ambiente mínima, máxima, media, precipitación pluvial acumulada y evaporación en los 105 días previos a la poda de los árboles fueron 20.6°C, 31.6°C, 26.1°C, 725 mm y 397 mm, respectivamente.

En el Cuadro 1 se indican los valores promedio en altura (m), distancia entre árboles (m), y los diámetros a la base (0.20 m) y a la altura del pecho (1.3 m de altura del suelo) en las dos leguminosas arbóreas estudiadas (Salazar, 1989).

Cuadro 1. Medidas morfológicas del tronco en dos leguminosas arbóreas expuestas a un proceso de poda a intervalos de 90 días.

Variable respuesta	Tipo de leguminosa arbórea	
	<i>Erythrina americana</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
	(N= 60)	(N= 54)
Altura (m)	1.7 [‡] ± 0.10	1.8 ± 0.12
Distancia entre árboles (m)	0.87 ± 0.17	0.91 ± 0.24
Diámetro a 0.20 m de altura del suelo (cm)	9.4 ± 2.2	7.3 ± 1.6
Diámetro a 1.30 m de altura del suelo (cm)	6.8 ± 1.7	6.2 ± 1.4

N= número de observaciones; [‡] Media ± desviación estándar

En el Cuadro 2 se indica la composición química del follaje de *E. americana* y *G. sepium*. El contenido de PC en el follaje de *E. americana* represento el 73.1% del encontrado en *G. sepium*. Sin embargo, el valor de PC foliar en ambos tipos de árboles resultan mayores al indicado en *Cynodon plectostachyus* sin fertilizar en la época de sequía (6.4% PC) (Méndez *et al.* 2019), circunstancia que les otorga una ventaja nutricional sobre las gramíneas y representa una oportunidad para utilizarlos como complemento alimenticio para pequeños rumiantes en pastoreo y con ello contribuir a cubrir los requerimientos de PC de los animales.

Cuadro 2. Composición química del follaje y ramas en dos leguminosas arbóreas con una edad de rebrote de 90 días durante la transición de la época de nortes a sequía en clima cálido húmedo.

Variable respuesta	Tipo de leguminosa arbórea	
	<i>Erythrina americana</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
	(N=10)	(N=10)
Follaje		
Materia seca (%)	23.7 [‡] ± 2.3	23.3 ± 1.5
Proteína cruda (%)	13.3 ± 2.4	18.2 ± 1.1
Ramas		
Materia seca (%)	21.8 ± 2.4	21.9 ± 2.8
Proteína cruda (%)	9.5 ± 2.8	7.7 ± 1.3

N= número de observaciones; [‡] Media ± desviación estándar

En las ramas, el contenido de PC represento el 71.4% del detectado en el follaje de *E. americana*. Mientras que en *G. sepium* fue del 42.3%. Al respecto, en *E. poeppigiana* con

una edad de rebrote de 90 días las ramas contienen el 33.1% de la proteína cruda detectada en las hojas (Benavides, 1999). Al parecer, la distribución y almacenamiento de proteína en el follaje comestible y ramas es afectado por la especie de árbol a una edad similar de rebrote.

Las medias generales ($\pm$ desviación estándar) para el rendimiento de follaje y ramas (MS árbol⁻¹) se indican en el Cuadro 3. El rendimiento de follaje MS árbol⁻¹ obtenido en este trabajo en *E. americana* durante la época de transición de nortes a sequía es inferior a la que indican Oliva-Hernández *et al.* (2021b) durante la sequía y lluvias en este mismo tipo de árbol con una edad de rebrote de 90 días. La producción de follaje en *G. sepium* se encontró dentro de la amplia variación (98 a 405 g árbol⁻¹) indicada en diversos estudios (Melchor *et al.*, 2005; Ramos-Trejo *et al.*, 2016). Las diferencias en producción de MS árbol⁻¹ entre estudios pueden ser atribuidas a la especie arbórea, densidad, edad de rebrote, altura del árbol, época y tipo de suelo.

La producción de ramas represento el 32.9% de la biomasa total en *E. americana* y 35.3% en *G. sepium*. Al respecto, en *G. sepium* con una edad de rebrote de 120 días las ramas representaron el 50% (Benavides, 1999). Mientras que *Leucaena leucocephala* los tallos leñosos representaron entre 36.5% y 38.4% de la biomasa total (Hernández *et al.*, 1999). Las diferencias entre estudios en lo que respecta a la participación de las ramas en la composición de la biomasa puede ser atribuido a la edad de rebrote.

Cuadro 3. Medias $\pm$ desviación estándar de producción de follaje y ramas en dos leguminosas arbóreas con una edad de rebrote de 90 días en clima cálido húmedo.

Variable respuesta	Tipo de leguminosa arbórea	
	<i>Erythrina americana</i> (N=60)	<i>Gliricidia sepium</i> (N=54)
Follaje (g árbol ⁻¹)		
Producción en base seca	157 $\pm$ 93	224 $\pm$ 88
Ramas (g árbol ⁻¹)		
Producción en base seca	77 $\pm$ 55	122 $\pm$ 71

N= número de observaciones

Tanto en *E. americana* como en *G. sepium*, los diámetros del árbol a 0.20 y 1.3 m del suelo tuvieron una asociación positiva con la producción de follaje (MS árbol^{-1}) ($p < 0.01$). Sin embargo, el rendimiento de ramas (MS árbol^{-1}) únicamente tuvo relación ($p < 0.01$) con los diámetros del árbol a 0.20 y 1.3 m del suelo en *E. americana* (Cuadro 4). Un mayor diámetro en el tronco favoreció una mayor superficie de xilema y floema, el primero es tejido conductor de agua, compuestos inorgánicos y orgánicos desde la raíz hacia las hojas de la planta; el segundo, es un tejido que permite el reparto de agua y nutrientes producidos en las hojas (por ejemplo, aminoácidos) o desde los sitios de almacenamiento hacia otras partes del árbol (Taiz y Zeiger 2002, Zúñiga-Sánchez *et al.* 2017). Una mayor superficie de tejidos conductores de nutrientes puede explicar la relación positiva entre diámetro del árbol y rendimiento de follaje y ramas.

Cuadro 4. Asociaciones entre altura y diámetros a 0.20 y 1.30 m del suelo de los árboles *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* con el rendimiento de follaje y ramas [materia seca (g) árbol^{-1}] a una edad de rebrote de 90 días y durante la etapa de transición de nortes a sequía en clima cálido húmedo.

Árbol/ Variable	Rendimiento	
	Follaje	Ramas
<i>E. americana</i>		
Diámetro a 0.20 m del nivel del suelo	0.38**	0.33**
Diámetro a 1.30 m del nivel del suelo	0.54**	0.48**
Altura	-0.06 NS	-0.06 NS
Distancia entre árboles	0.00 NS	0.00 NS
<i>G. sepium</i>		
Diámetro a 0.20 m del nivel del suelo	0.40**	0.25 NS
Diámetro a 1.30 m del nivel del suelo	0.37**	0.25 NS
Altura	-0.15 NS	-0.16 NS
Distancia entre árboles	0.22 NS	0.16 NS

MS=materia seca; ** $p < 0.01$; NS $p > 0.05$.

En *E. americana* los modelos que permitieron predecir el rendimiento de follaje y ramas a los 90 días de rebrote incluyeron diámetro a 1.30 m del suelo y distancia entre árboles

($p < 0.0001$). Mientras que en *G. sepium* el modelo final para predecir el rendimiento de follaje incorporó las variables diámetro del tronco a 0.20 m del suelo y altura del árbol ($p < 0.05$) (Cuadro 5).

Tanto en *E. americana* como en *G. sepium* el diámetro del tronco es la variable que mayor contribuye a explicar la variación en el rendimiento de follaje. Sin embargo, en los modelos finales el coeficiente de determinación no es mayor a 0.36, situación que implica un bajo valor predictivo. Un resultado similar se reporta en *E. americana* con una edad de rebrote de 90 días durante la época de transición de sequía a lluvias (Oliva-Hernández *et al.*, 2021a). Mientras que en *Acacia pennatula* con una edad de rebrote de seis meses el diámetro a la base como variable independiente no permitió predecir ($R^2 = 0.13$) la producción de MS. Sin embargo, en *G. ulmifolia* la inclusión del diámetro a la base en el modelo alométrico explicó el 55% de la variación en la producción de follaje (López-Merlín *et al.* 2003).

En lo que respecta a la producción de ramas, únicamente en *E. americana* se obtuvo un modelo para predecir el rendimiento de ramas ($p < 0.05$), el cual consideró diámetro del tronco a 0.20 m del suelo y altura del árbol; y este explico el 31% de la variación en la producción de ramas (Cuadro 5). La variación en la biomasa total (hojas y ramas) se puede predecir con mayor eficiencia utilizando modelos, en ese sentido Iglesias y Haydée (2010) generaron modelos para calcular la biomasa aérea en seis especies caducifolias de la familia Fabaceae, la variable independiente utilizada fue el diámetro a la base y se obtuvo un coeficiente de determinación mayor a 0.7. Sin embargo, predecir el rendimiento de follaje resulta de mayor utilidad con respecto a la predicción del rendimiento de ramas como estrategia para definir un calendario de manejo de la poda de forma escalonada, que permita disponer de un complemento alimenticio para pequeños rumiantes de manera continua a través del año y favorecer con ello la sostenibilidad del sistema de producción, por un mejor uso de los recursos naturales disponibles en la zona tropical.

Cuadro 5. Modelos de predicción del rendimiento de follaje y ramas [materia seca (kg) árbol⁻¹] en función de medidas alométricas del tronco de *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* a una edad de rebrote de 90 días durante la etapa de transición de nortes a lluvias.

Árbol/producto		Significancia	R ²	DER
<i>E. americana</i>				
Follaje	RMS = 0.03 (± 0.06) + 0.04 (± 0.01) (D130) -0.14 (± 0.07) (DA)	p<0.0001	0.36	0.075
Ramas	RMS = 0.02 (± 0.04) + 0.02 (± 0.00) (D130) -0.09 (± 0.04) (DA)	p<0.0001	0.31	0.046
<i>G. sepium</i>				
Follaje	RMS = 0.42 (± 0.04) + 0.02 (± 0.00) (D20) -0.09 (± 0.04) (A)	p<0.05	0.14	0.084

R²= Coeficiente de determinación; DER= desviación estándar residual; RMS= rendimiento de materia seca árbol⁻¹; D130= diámetro a 1.3 m sobre el suelo (cm); DA= distancia entre árboles (m); D20= diámetro a 0.20 m sobre el suelo (cm); A= Altura (m).

Conclusiones

En los árboles *E. americana* y *G. sepium* que forman parte de un cerco vivo, los diámetros del tronco a 0.20 y 1.3 m del suelo tienen relación con el rendimiento de follaje. Sin embargo, no permiten predecir de forma contundente el rendimiento de follaje árbol⁻¹ y ramas árbol⁻¹ a una edad de rebrote de 90 días. El rendimiento de follaje de este tipo de árboles, favorece su uso como una opción para proveer de un complemento alimenticio a los pequeños rumiantes en pastoreo durante la transición de los nortes a sequía. Se requiere identificar otras variables que puedan ser incluidas en el modelo con el fin de aumentar la precisión de la predicción del rendimiento de follaje.

Agradecimientos

El presente escrito forma parte del proyecto “Uso de follaje de *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* como complemento alimenticio de ovejas reproductoras en pastoreo” con clave SIGI: 1315835078

Literatura Citada

Cabrera Ch., G., J. Mosquera G., J., H. R. Ordoñez J., Muñoz G., D. A., y W. Ballesteros P. 2007. Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en árboles dispersos en potreros con motilón silvestre (*Freziera canescens*) en el municipio de Pasto Nariño - Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas. 24(1 y 2):46–55.

Castillo-Linares, E. B., M. A. López-Herrera, A. Vélez-Izquierdo, y J. Oliva-Hernández. 2021. Sistema silvopastoril de cosecha y acarreo como alternativa para la producción ovina sostenible en el trópico húmedo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 12(66):4-25.

Castillo-Linares, E. B., A. Vélez-Izquierdo, M. A. López-Herrera, y J. Oliva-Hernández. 2024. Árboles: alimento y algo más en la producción de ovinos a pequeña escala en Tabasco. Avance y Perspectiva. 8(4):7 p.

Benavides J. 1999. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Sánchez, M. D., y M. Rosales (ed). Agroforestería para la producción animal en latinoamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp: 449-477.

Enríquez Q., J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Núm. 28. Medellín de Bravo, Ver., México. 404 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Inventario forestal nacional. Manual de campo. Modelo. Departamentos de Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento de trabajo 94/S. Guatemala. 89p.

Hernández-Espinoza, D. F., L. del C. Lagunes-Espinoza, M. A. López-Herrera, J. A. Ramos-Juárez, R. González-Garduño, y J. Oliva-Hernández. 2020^a. Edad de rebrote de *Erythrina americana* Miller y concentración de compuestos fenólicos en el follaje. Madera y Bosques 26:e2611826.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Oliva-Hernández, J., M. A. López-Herrera, E. B. Castillo-Linares. 2021a. Asociación entre medidas morfológicas del tronco en *Erythrina americana* Miller y rendimiento de follaje comestible. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 8(1):e2863.

Oliva-Hernández, J., M. A. López-Herrera, y E. B. Castillo-Linares. 2021b. Composición química y producción de follaje de '*Erythrina americana*' (Fabaceae) en cercos vivos durante dos épocas climáticas. *Revista de Biología Tropical*. 69(1):90-101.

Oliva H., J., E. B. Castillo L., M. A. López H., y A. Vélez I., A. 2022. Follaje de moté y cocoíte: un recurso forrajero en el trópico para la alimentación de ovinos en unidades de producción de tipo familiar. Despegable para productores. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias No. 137, 2 p.

Ramos-Trejo, O., J. R. Canul-Solis, and J. C. Ku-Vera. 2016. Forage yield of *Gliricidia sepium* as affected by harvest height and frequency in Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 4:116-123.

Pinto, R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, V. H. Aguilar, *et al.* (2003). Preferencia ovina de árboles forrajeros del Centro de Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*, 26(4): 329-334.

Salazar, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. Serie de investigación técnica. Boletín técnico 20. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 174p.

SAS (2004) SAS/STAT R 9.1 User's Guide. SAS Inst. Inc. Cary, NC. 5121p.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 4th Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland: Sinauer. 690 p.

Zavala-Cruz, J., R. Jiménez, D. J. Palma-López, F. Bautista, y F. Gavi. 2016. Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3:161-171.

Zúñiga-Sánchez, E., E. Martínez-Barajas, E. Zavaleta-Mejía, y A. Gamboa-de-Buen. 2017. El floema y la ruta simplástica durante la formación de órganos de demanda. Revista Fitotecnica Mexicana. 40:249-259.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Resumen

Los principales ectoparásitos de bovinos incluyen ácaros, garrapatas, pulgas, piojos y moscas, los cuales afectan la salud de los animales y reducen los niveles productivos debido a que muchos de ellos son hematófagos, además el ganado está sometido a un estrés constante debido al alto número de parásitos presentes en el ambiente y sobre todo en condiciones tropicales. La importancia económica de los ectoparásitos aumenta debido a que los tratamientos no son efectivos por el uso constante de ixodicidas, acaricidas o insecticidas, lo que ha llevado a la obtención de ejemplares resistentes a los principales productos utilizados. La hipótesis del presente estudio fue que el uso excesivo de estos químicos ha generado resistencia en las garrapatas de la especie *Rhipicephalus microplus*, y por lo tanto la efectividad de un producto usado en la región (Diclorvos) presenta una baja efectividad. El objetivo del experimento fue determinar la resistencia de larvas de garrapatas hacia uno de los ixodicidas ocupados en la región y determinar la tasa de letalidad por parte de este producto (diclorvos). Se realizó una colecta de garrapatas adultas que se colocaron en cajas de Petri perforadas para mantenerlas a 25 °C y esperar la oviposición, diez días después de la eclosión, se utilizaron las larvas del primer estadio para determinar la tasa de mortalidad al aplicar el método de inmersión de larvas. Se evaluó un organofosforado (diclorvos) en diferentes concentraciones y se determinó la tasa de mortalidad. La dosis recomendada por el fabricante (1.14 µg/mL) no provocó mortalidad de las larvas de *Rhipicephalus microplus*, por lo que se presume resistencia al diclorvos. La dosis letal del producto aplicado fue 10

¹ *Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sursureste, San José Puyacatengo, Km. 7.5 Carretera Vicente Guerrero – Teapa, CP. 86800, Teapa, Tabasco, México. email: al19110065@chapingo.mx

²Facultade de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidade de Santiago de Compostela. Carvalho Calero
sn. 27002, Lugo, España

veces mayor a la recomendada por el fabricante por lo cual se determinó que la cepa de *Rhipicephalus microplus* colectada en el municipio de Teapa, Tabasco presentó resistencia al diclorvos. Se requiere de la búsqueda de alternativas de control con el objetivo de reducir la resistencia en las garrapatas.

Palabras clave: resistencia, garrapata del ganado, ganado tropical.

Introducción

En bovinos (*Bos taurus*) el ectoparasitismo generado por la garrapata (*Rhipicephalus microplus*) (Arachnida: Ixodida, Ixodidae) (Galindo-Soracá et al., 2019), es responsable de grandes pérdidas en la ganadería nacional, principalmente debido a la reducción en el desempeño productivo de bovinos, tales pérdidas son estimadas en miles de millones de dólares al año debido a la acción directa de la hematofagia del parásito, que además es transmisor de virus y otros patógenos. (Raynal et al., 2018), *Rhipicephalus microplus* es la especie más abundante en México y se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales, lo que representa un tema de mucha importancia en el país. (Rodríguez-Vivas et al., 2012) El 65.96 % del territorio mexicano se encuentra comprendido por regiones en control y zonas libres, por lo que más del 34% presenta problemas por la presencia de la garrapata. El principal método para el manejo y control de la garrapata ha sido el uso de acaricidas químicos o ixodicidas como: organofosforados (OP), amidinas (Am), piretroides sintéticos (PS), reguladores del crecimiento (RC), fenilpirazolonas y lactonas macrocíclicas (LM) (Abigail & Linares, 2023).

Durante años, se han utilizado diferentes medicamentos para el control de distintas patologías, lamentablemente por la falta de asistencia técnica, profesional y negligencia de propietarios, estos fármacos se han usado de manera incorrecta, desde la dosis empleada hasta la forma de uso y aplicación, lo que ha dado como resultado resistencia (Chávez, 2020).

La resistencia a los ixodicidas es uno de los mayores problemas que amerita ser atendido, porque afecta competitivamente la salud del animal, limitando la reducción de las infestaciones (Jerardin et al., 2019). Es decir, que los ectoparásitos resistentes desarrollan



una habilidad que es heredable y los capacita fisiológica y etológicamente para bloquear la acción tóxica de un determinado plaguicida, por medio de mecanismos metabólicos y no metabólicos y, en consecuencia, sobrevivir a la exposición de dosis que para otros sería mortal. La resistencia es, entonces, un fenómeno de orden genético, lo cual quiere decir que se establece a nivel de los cromosomas de las garrapatas (Cabrera, 2022).

El diclorvos puro es un líquido incoloro denso que se evapora fácilmente en el aire y se disuelve muy poco en el agua. Tiene un aroma dulzón y reacciona rápidamente con el agua, de este modo es utilizado en el control de plagas se diluye con otros líquidos (ATSDR, 1997). El diclorvos fue introducido en la década de 1950 como insecticida y acaricida de amplio espectro. Pertenece a la clase química de los organofosforados que se usaron masivamente entre 1960-1990 (ATSDR, 1997). Numerosos parásitos externos desarrollaron resistencia a estos compuestos: garrapatas, moscas, pulgas, mosquitos, etc. La resistencia a los organofosforados (incluido el diclorvos) persiste en todo el mundo, es muy frecuente, y puede ser elevada (Díaz- Agustín A. & Fernández-Salas M., 2022). La resistencia a organofosforados por parte de *Rhipicephalus microplus* se reportó en México desde 1981 en el oriente del país.

En los Estados Unidos, según (Rodríguez-Vivas et al., 2018) se evaluó la eficacia de una mezcla de acaricidas organofosforados (OF, diclorvos y tetraclorvinfos) para el control de poblaciones de *Rhipicephalus microplus* altamente resistentes a OF y encontraron eficacias de 85- 87%, lo que se traduce a que la cepa utilizada en el experimento es 18% más resistente que las cepas susceptibles (Davey et al., 2013).

Materiales y métodos

Área de estudio

El área donde se colectaron las garrapatas para este trabajo se ubica dentro del predio de la Unidad Regional Universitaria SurSureste (URUSSE) perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo y ubicada en el predio de San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco, México. Las condiciones ambientales empiezan con una temperatura promedio anual de 27.8 °C, la tasa de precipitación de 3862.6 mm al año y se ubica a una altura de 67 msnm.

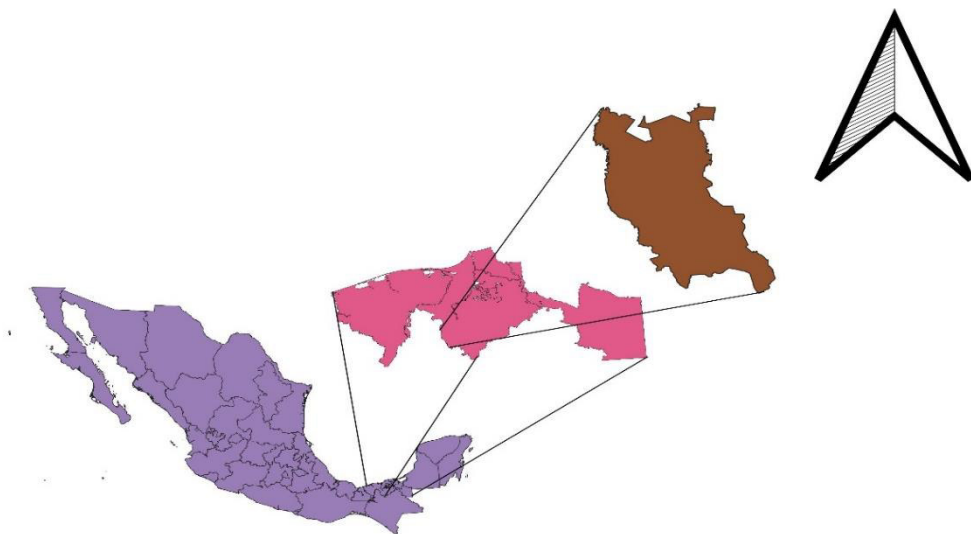


Figura. 1 Mapa de ubicación del área de estudio

Colecta de material biológico

- Se llevó a cabo una colecta de hembras repletas de *Rhipicephalus microplus* obtenidas del ganado bovino dentro del predio de la URUSSE. La raza de ganado con la que se cuenta es 5/8 Holstein x 3/8 Cebú conocida como Holando-cebú. Para la colecta de garrapatas el ganado se trasladó a la manga de manejo, donde se inspeccionaron. Se utilizó un total de 20 animales en la busca de hembras de garrapatas ingurgitadas, las cuales fueron colectadas de forma manual con guantes haciendo un tirón hacia arriba para retirarlas de la piel del ganado y después fueron colocadas en cajas de Petri perforadas para permitir la aireación y se mantuvieron a una temperatura aproximada de 25 °C al meterlas en una hielera.
- Al llegar al laboratorio, las hembras se lavaron para retirar suciedad y fueron agrupadas en distintas cajas de Petri perforadas con un papel filtro en la parte inferior de la caja, con el objetivo de suministrar humedad con ayuda de un gotero, posteriormente se esperó una semana a quince días para la oviposición buscando mantener la temperatura constante.

Masas de huevos y eclosión

- Las masas de huevos se obtuvieron después de 2 a 4 días del inicio de proceso de ovoposición, las hembras fueron desechadas y las masas de huevos se trasladaron a viales,

se etiquetaron con la fecha y se taparon con algodón para evitar la salida de las larvas al eclosionar. Después se llevaron a la incubadora a una temperatura constante de 25° C donde se esperó de 45 a 60 días para la eclosión de los huevos.

- Después de 7 a 10 de la eclosión se aplicó el tratamiento a evaluar a través de la prueba denominada inmersión de larvas donde el objetivo fue evaluar un método de control convencional (diclorvos) a diferentes concentraciones tomando como referencia la dosis recomendada por el fabricante y determinar la tasa de mortalidad del producto

Preparación de los sobres

- Los sobres de papel filtro fueron elaborados con una medida de 6 cm × 8 cm, las hojas obtenidas son dobladas por la mitad y sellados por los bordes restantes con ayuda de los broches tipo blinder, antes de ser utilizados para la prueba fueron rotulados con el número de repetición y la concentración a la que correspondió. Se realizaron tres repeticiones de cada dosis utilizada.

Preparación de las concentraciones

- El producto por evaluar fue diclorvos qué es un compuesto organofosforado con efecto ixodicida y que se comercializa normalmente en la región. Se utilizaron diferentes concentraciones, siendo las primeras una referencia de la dosis recomendada por el fabricante (525 µL /300 mL de agua) y de ahí se hicieron diluciones de 25% hacia arriba y 25% hacia abajo en dos ocasiones (525µL, 662 µL, 375 µL, 272 µL). Al no funcionar estas dosis se buscaron otras en las que el producto hiciera su efecto y las dosis utilizadas se incrementaron y también fueron disueltas en 300 mL de agua (1000 µL, 2000 µL, 3000 µL, 5000 µL). A cada concentración se le agregó Tween 20 quedando con una concentración de este producto al 1% con el objetivo de romper la tensión superficial del agua y permitir mejor la inmersión de las larvas.

Aplicación del producto a través de la Prueba de Inmersión de Larvas

La técnica consistió en:

- Utilizar un recipiente de 1 L al 70% de su capacidad con agua corriente y jabón, con el objetivo de tener una trampa de agua para desechar las larvas no utilizadas.

- Colocar la charola de plástico con la caja de Petri grande en el centro con parte de la trampa de agua, con el objetivo de contener a las larvas que salgan del vial, al centro de la primera caja de Petri, colocar la segunda, que es la pequeña, la cual será sobre la que colocaremos el vial con el material biológico.
- Colocar el material biológico (larvas de 7 a 10 días de eclosión en el vial), dentro de la trampa de agua con jabón.
- Posteriormente alistar el pincel con masking-tape de tal manera que cubra el contorno, con el objetivo de que las larvas que avancen sobre el pincel queden atrapadas impidiendo que escapen, siendo este con el que se toman las larvas en la parte superior del vial. De igual manera hacer esto para la aguja de disección, que es con la que se retira del pincel a las larvas que se toman del vial.
- Se toma 1 mL de cada concentración preparada con ayuda de una pipeta y se coloca en un tubo de Eppendorf de 1.5 mL, el proceso es el mismo para cada concentración, una vez listos tubos, se agitan con ayuda de un vortex y se colocan en una gradilla a la espera de su uso, para lo cual se usa un cronometro a 10 minutos.
- Ya preparado todo lo anterior, se procede a destapar el vial y esperar un poco a que las larvas suban a la parte superior, para acelerar el proceso se sopla al frasco, ya que las garrapatas reaccionan al CO₂
- Con ayuda del pincel preparado y la aguja de disección se toman un poco de larvas entre 300-450 y se colocan en el primer tubo de Eppendorf, se tapa y se coloca en el agitador dejándolas reposar en la solución durante 10 min, pasado ese tiempo con ayuda del cronometro, se repite el procedimiento para cada concentración.
- Pasados 8 minutos se extrae el tubo del agitador y se deja reposar, para que las larvas se vayan al fondo de la solución, al pasar los 10 minutos, se destapa y se decanta el líquido en el recipiente de 1L, retirando a la mayoría del líquido con ayuda de otro pincel más pequeño se extraen aproximadamente 100 larvas y se colocan en el primer sobre de papel filtro para la primer concentración y se sella el sobre con el broche correspondiente, dejando el sobre en la charola, se repite el procedimiento para los 2 sobres faltantes y se repite todo para cada concentración.



- Al terminar todas las concentraciones, y haber colocado cada sobre en la charola, procedemos dejar reposar de 15 a 20 minutos para asegurarnos que se pierda la humedad excesiva de cada sobre, al terminar el tiempo llevamos la charola a la incubadora a una temperatura constante durante 48 horas.

Conteo de larvas vivas y muertas

- Pasadas las 48 horas se lleva a cabo el conteo de larvas vivas y muertas por sobre correspondiente a cada concentración

Análisis estadístico

- Los datos de vivas y muertas sirven para realizar el análisis estadístico que consistió en calcular la mortalidad de las larvas y conocer el efecto de las dosis mediante un modelo estadístico probit

Resultados y discusión

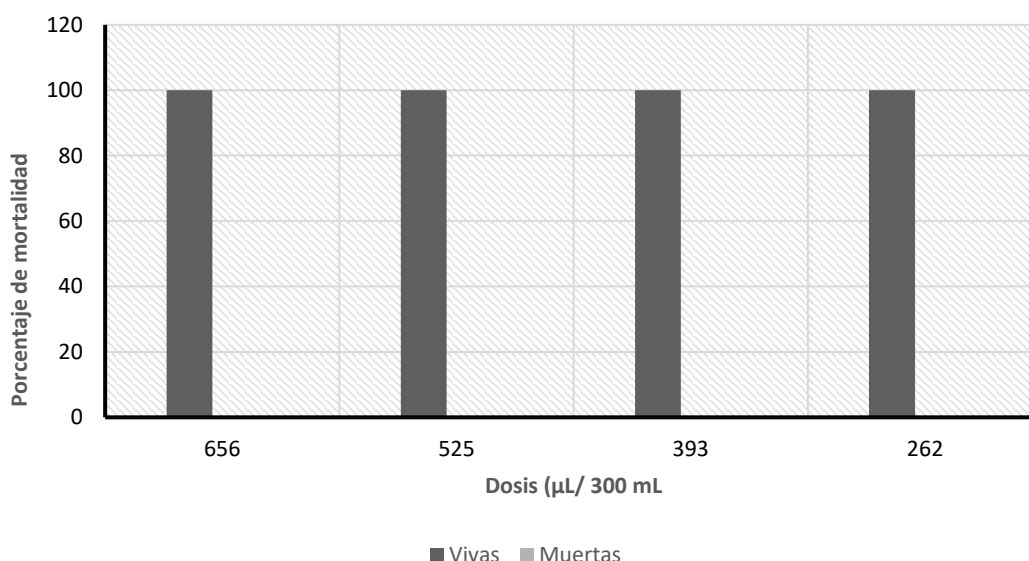


Figura. 2 Tasa de mortalidad de larvas de garrapata con diclorvos tomando como referencia 525µL/300mL

En la primera etapa del estudio ninguna de las concentraciones tuvo algún grado de mortalidad, por lo que el procedimiento se repitió, pero esta vez con concentraciones más

elevadas (Figura 3), con el objetivo de ampliar nuestro panorama y recabar datos respecto a los índices de mortalidad y a que concentraciones lograrlos.

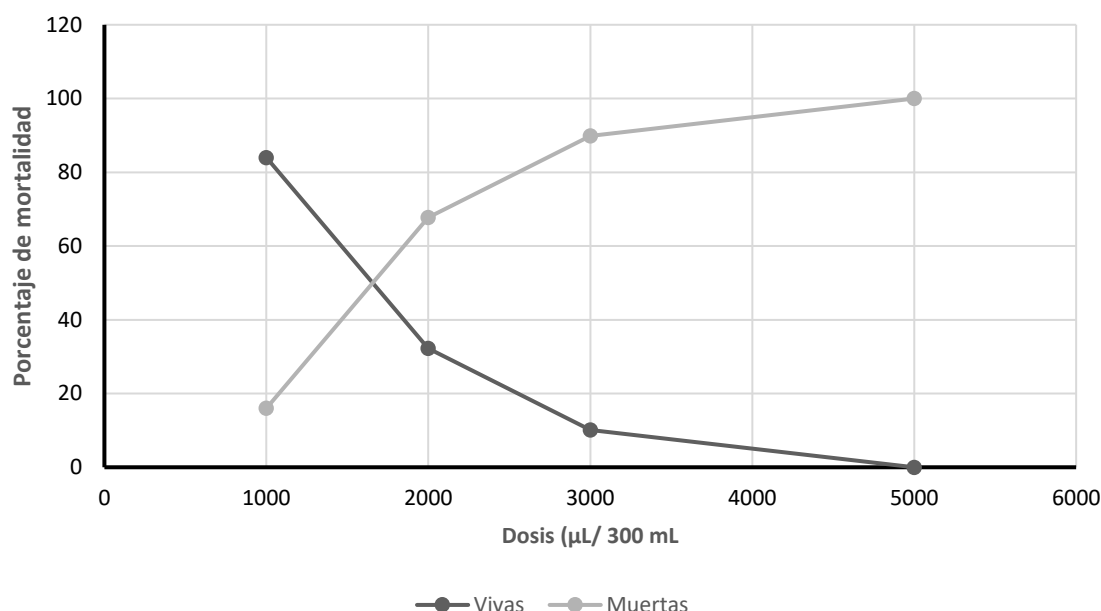


Figura. 3 Tasa de mortalidad de larvas de garrapata con diclorvos

Las dosis para lograr el 100% de mortalidad fue de 5000 μ L/300 mL de agua, lo cual es una dosis muy alta, ya que significa un mayor consumo del producto para lograr controlar larvas de *Rhipicephalus microplus*, y esto representa un grave problema ya que el producto está diseñado para controlar a esta garrapata en cualquiera de sus estadios de vida. Además de comprobar que el producto no es efectivo la cantidad a utilizarse para controlar a la garrapata en su fase adulta sería más alta, por lo que el gasto económico es muy elevado en el control de esta plaga, sin contar los daños y el estrés al que se somete el ganado por estas infestaciones y el manejo.

Entonces comparando lo reportado por (Davey et al., 2013), donde la cepa tiene un 18% de resistencia a organofosforados, los datos resultantes de la cepa evaluada en nuestro experimento quedan muy por arriba ya que tiene incluso un 82% de resistencia superior con base en la cepa evaluada en Estados Unidos, donde implementaron una mezcla de OF para obtener ese dato del 18% de resistencia, al final en nuestro experimento hubo que ampliar la dosis hasta localizar un 100% de mortalidad.

Conclusiones

1. Al tomar como referencia la dosis recomendada por el fabricante y buscando cómo se comporta en otras concentraciones mayores e inferiores, nos percatamos que el organofosforado evaluado no tenía ningún efecto sobre las larvas tratadas, lo cual a manera general nos preocupó, motivo suficiente para repetir el procedimiento, pero esta vez ampliando las concentraciones del producto en busca de un mejor efecto de mortalidad.
2. Se concluye que la mortalidad del 100% de las larvas de *Rhipicephalus microplus* se obtuvo con una dosis 10 veces mayor que la recomendada por el fabricante lo que indica de manera general una resistencia muy alta de esta especie en el sitio de muestreo a diclorvos, motivo por el cual habría que analizar la resistencia a otros OF y escalar en la búsqueda de otras alternativas de control.
3. Es importante analizar la cantidad de producto químico utilizado para lograr la mortalidad del 100% en un estadio larval, ya que si tomamos en cuenta que los adultos de esta plaga son más resistentes podría indicarnos un mayor consumo de producto y por ende una mayor derrama económica.
4. Por último habría que diseñar un manejo integral de esta plaga con ayuda de los productores de la región, con el objetivo de saber qué prácticas implementan para disminuir la población de *Rhipicephalus microplus* en sus potreros, y además concientizarlos respecto a las consecuencias que acarrea el uso desmedido de productos químicos (insecticidas, acaricidas, ixodicidas) ya que al final sólo hemos logrado aumentar los índices de resistencia en esta plaga, lo que se traduce al final como pérdidas económicas para el productor.

Literatura citada

Abigail, S., & Linares, M. (2023). *Estado de la resistencia a ivermectina en rhipicephalus presenta maestría en ciencia animal.*

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

0149700x%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jmr.2008.11.017%0Ahttp://linkinghub.elsevier.c
om/retrieve/pii/S1090780708003674%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1191

ixodicidas. *Vetzoo.Umich.Mx*, 0–55.
[http://www.vetzoo.umich.mx/phocadownload/Tesis/2008/Febrero/prevencion y tratamiento del distemper canino.pdf](http://www.vetzoo.umich.mx/phocadownload/Tesis/2008/Febrero/prevencion%20y%20tratamiento%20del%20distemper%20canino.pdf)

Davey, R. B., Thomas, D. B., Pound, J. M., Lohmeyer, K. H., & Miller, R. J. (2013). Efficacy of an organophosphate mixture against an organophosphate-resistant strain of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Entomological Science*, 48(4), 306–316. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.4.306>

Díaz- Agustín A., & Fernández-Salas M. (2022). Rhipicephalus microplus: biología, control y resistencia. *CEIEGT Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión En Ganadería Tropical*, 44. <https://www.fmvz.unam.mx/>

Galindo-Soracá, A., Pulido-Medellín, M., & García-Corredor, D. (2019). Efecto de *Beauveria bassiana* (ascomycota) en el control de *Rhipicephalus microplus* (arachnida: ixodida, ixodidae) resistente a ixodicidas. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias* División de Investigación, March. <https://www.researchgate.net/publication/331729769>

Jerardin, N., Moreno, M., & Ascanio, E. (2019). *Resistencia a cipermetrina y fipronil en larvas de Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) (Acari: ixodidae) del estado Aragua*. *Resistance detection to ixodicides in larvae of Rhipicephalus sanguineus (Latreille, 1806) (Acari: ixodidae)*. *LIX*(1), 57–67.

Raynal, J. T., Alves Borges, A., Bastos, B. L., Bahiens, T. C., Meyer, R., & Portela, R. W. (2018). Avaliação da eficiência de acaricidas sobre Rhipicephalus (Boophilus) microplus no estado da Bahia. *Pubvet*, 12(09), 1–8. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n9a163.1-8>

Rodríguez-Vivas, I., Hodgkinson, R., E., J., & J., A. (2012). Resistencia a los acaricidas en Rhipicephalus (Boophilus) microplus: situación actual y mecanismos de resistencia. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 3(SUPPL. 1), 9–24.

Rodríguez-Vivas, R. I., Rosado-Aguilar, J.A, Ojeda-Chi, M. M., & Ojeda-Robertos, N. F. (2018). Estrategias para el control de la garrapata Rhipicephalus microplus en un mundo de resistencia a los acaricidas convencionales y lactonas macrocíclicas. In *Memorias AMPA* (Vol. 6, Issue 1, pp. 51–66). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf> <http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal> <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001> <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055> <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006> <https://doi.org/10.1>

RESISTENCIA ANTIHELMINTICA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN BECERROS LACTANTES

Claudia Yesenia León González^{1*}, Roberto González Garduño¹ y Carmen Córdova Pérez¹

Resumen

Una de las principales amenazas para la salud de los becerros lactantes es la infección por nematodos gastrointestinales. Estos parásitos causan enfermedades que pueden llevar a una reducción en el crecimiento, baja en la producción de leche, y, en casos severos, la muerte de los animales jóvenes. Tradicionalmente, los antihelmínticos se han utilizado para controlar estas infecciones. Sin embargo, el uso prolongado y a veces indiscriminado de estos medicamentos ha llevado al desarrollo de resistencia antihelmíntica en las poblaciones de nematodos. Por lo que, en el presente trabajo se buscó evaluar la eficacia de un antihelmíntico a base de Triclabendazol (TCB), Albendazol (ALB) e Ivermectina (IVM) en becerros lactantes (n=14; 2-4 meses de edad) utilizando la metodología para la detección de resistencia antihelmíntica en nematodos de importancia veterinaria de la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria. El estudio se realizó en el municipio de Salto de Agua, Chiapas. El tratamiento se administró vía oral a razón de 7.5 mg/kg de peso vivo. Para determinar el conteo de huevos por gramos de heces (HPG) se utilizó la técnica de McMaster, se recolectaron muestras de heces directamente del recto de cada animal una semana antes del tratamiento antihelmíntico y 21 días después de la aplicación de este. La aplicación del tratamiento antihelmíntico redujo los conteos de huevos de nematodos gastrointestinales en bovinos. En la primera aplicación, el conteo promedio pasó de más de 2,500 a menos de 500 huevos por gramo de heces. En la segunda aplicación, el promedio disminuyó de 489 a 143. Esto representa una reducción del 81% en la primera aplicación y del 71% en la segunda.

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sursureste, Km. 7.5 Carretera Vicente Guerrero – Teapa, Tabasco, México. *E-mail: al19112609@chapingo.mx

Los hallazgos sugieren la presencia de resistencia antihelmíntica, con reducciones en el conteo fecal menores al 95%. La falta de efectividad, pese a usar una combinación de tres fórmulas, subraya la urgencia de nuevas estrategias para controlar nematodos gastrointestinales. Es necesario implementar prácticas de manejo integradas y explorar alternativas terapéuticas para combatir la resistencia y asegurar la salud animal.

Palabras clave: helmintos, triclabendazol, albendazol, ivermectina, parasitología

Introducción

En producción ganadera, México ocupa el octavo lugar a nivel mundial, con un territorio de 1,96.4 millones de hectáreas donde el 56% es destinado a la producción ganadera, contando con un inventario nacional de 36,339,884 de cabezas (SIAP, 2022; FAO, 2022).

La ganadería bovina es una actividad importante en regiones tropicales del sur del país debido a la adaptabilidad de ciertas razas de ganado a las condiciones climáticas y a la capacidad de utilizar pastos tropicales para la alimentación del ganado (Callejas, 2024). Se desarrolla en distintos sistemas productivos que van desde los altamente tecnificados hasta las pequeñas producciones familiares, sin embargo, el más difundido es el sistema de doble propósito que se encuentra distribuido principalmente en Chiapas, Tabasco y Veracruz (Arrieta et al., 2022).

Chiapas es el tercer productor de bovinos tanto del sureste como a nivel nacional con una producción de 2,644,644 cabezas (SIAP, 2022). Algunos de los problemas que enfrenta la producción en esta región son de origen sanitario, causados por parásitos internos (González et al., 2019).

Los parásitos gastrointestinales, como nematodos, representan una amenaza para la salud de los becerros lactantes. Estos parásitos pueden causar diarrea, anemia, pérdida de peso y debilitamiento general en los animales jóvenes (González et al., 2019). Las principales especies de nematodos identificados en México han sido: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Trichostrongylus axei*, *Cooperia curticei*, *Teladorsagia*

circumcincta, *Trichuris ovis*, *Strongyloides papillosus*, *Oesophagostomum spp* y *Bunostomum spp* (Collazo et al., 2023).

La susceptibilidad de los animales a los parásitos está relacionada con el tiempo en que se encuentren en exposición a estos y de la carga parasitaria que presenten, así, animales en condición de pastoreo continuo son más susceptibles a una infestación por parásitos al estar de forma permanente y continua en la pradera (Viedma, 2020).

Las condiciones climáticas influyen en gran medida en la presencia de parásitos gastrointestinales en el ganado vacuno, por ejemplo, las altas temperaturas y baja humedad relativa desfavorece la sobrevivencia de larvas infectantes a diferencia de una combinación de temperaturas cálidas con una mayor humedad relativa que por el contrario favorece aún más la sobrevivencia (Pacheco et al., 2023).

Los antihelmínticos han representado el método de control más utilizado contra los nematodos gastrointestinales (NGI) y ha sido efectiva durante varias décadas, sin embargo, ha mostrado notorias disminuciones en su eficacia dado que los NGI han desarrollado resistencia contra los principales productos químicos que se utilizan como los benzimidazoles, imidazotiazoles, lactonas macrocíclicas (principalmente en Ivermectina) e incluso a las combinaciones de estos (Canton et al., 2020; Collazo et al., 2023).

La resistencia antihelmíntica se refiere a la capacidad de los nematodos para sobrevivir a tratamientos con antihelmínticos que anteriormente eran efectivos. Este fenómeno se ha documentado en todo el mundo y está asociado con el uso indiscriminado y frecuente de estos fármacos (Kotze y Prichard, 2016).

Los mecanismos de resistencia antihelmíntica incluyen cambios en el sitio de acción del fármaco, incremento en la actividad de los sistemas de detoxificación y alteraciones en la permeabilidad de la membrana del parásito (Kotze y Prichard, 2016). Estos mecanismos son genéticamente heredables y pueden propagarse rápidamente en poblaciones de parásitos bajo presión de selección es por ello que se deben implementar estrategias de manejo integrado para abordar este problema y asegurar la salud y productividad del ganado. En México se han reportado casos de resistencia a benzimidazoles, ivermectina y levamisol (Bonilla et al., 2022).

Se han reportado casos de resistencia antihelmíntica en al menos diez especies de nematodos, siendo los de mayor importancia *Cooperia spp.* que se ha mostrado resistencia al uso de lactonas macrocíclicas y *C. punctata*, *Ostertagia ostertagi* y *Haemonchus spp* a benzimidazoles (López et al., 2021).

En la región de Salto de Agua, Chiapas, la ganadería es una actividad económica fundamental. Los becerros lactantes representan una etapa crítica en la cadena productiva, y su salud es determinante para el rendimiento y la viabilidad económica de las explotaciones ganaderas locales.

No obstante, la información sobre la prevalencia y el grado de resistencia antihelmíntica en esta región es limitada, lo que subraya la necesidad de estudios específicos que aborden esta problemática. Entender la magnitud de este problema en Salto de Agua es fundamental para desarrollar estrategias de manejo que sean efectivas y sostenibles. Sin intervenciones adecuadas, la resistencia antihelmíntica puede resultar en un incremento de los costos de producción debido a la necesidad de tratamientos más caros y la pérdida de animales.

El objetivo principal del estudio fue determinar la resistencia antihelmíntica de los parásitos gastrointestinales en becerros lactantes y con ello evaluar la eficacia de los desparasitantes comúnmente utilizados en la zona.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El sitio de estudio comprendió una localidad del municipio de Salto de Agua, Chiapas, el cual se encuentra a una altitud de 19 msnm y cuenta con un clima tropical húmedo, caracterizado por altas temperaturas y abundantes precipitaciones a lo largo del año. Presenta temperaturas promedio de entre 24 y 35°C y una precipitación media anual de más de 1,800 mm (CONAGUA, 2024). La temporada de lluvias se extiende generalmente de junio a febrero, mientras que la temporada seca va de marzo a mayo.

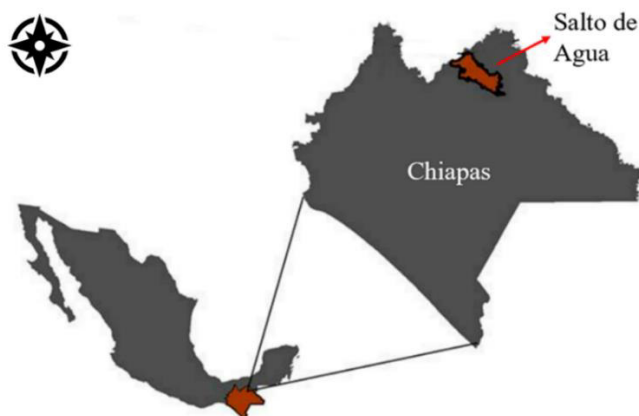


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Manejo de los animales

El experimento abarcó un periodo de tres meses de junio a agosto de 2023, durante el cual se monitoreó a una población de 14 becerros lactantes cruza beefmaster de entre 1 y 2 meses de edad. A los becerros en el día 12 del experimento (07 de julio) se les aplicó vía oral un antihelmíntico a base de Triclabendazol, Albendazol e Ivermectina (TRB + ALB + IVM) a razón de 7.5 mg/kg de peso vivo, con una repetición a los 26 días (Figura 2).

Muestreo

Las muestras de heces se colectaron una semana antes de cada aplicación del tratamiento y posteriormente 21 días después de su aplicación para examinación (Figura 2).

Las muestras de heces se obtuvieron directamente del recto de cada becerro, por lo que para facilitar dicha tarea y evitar accidentes o complicaciones, los animales fueron colocados dentro de la manga de manejo. Se colocaron en una bolsa plástica para evitar contaminación y se rotularon con el número de identificación del animal correspondiente.

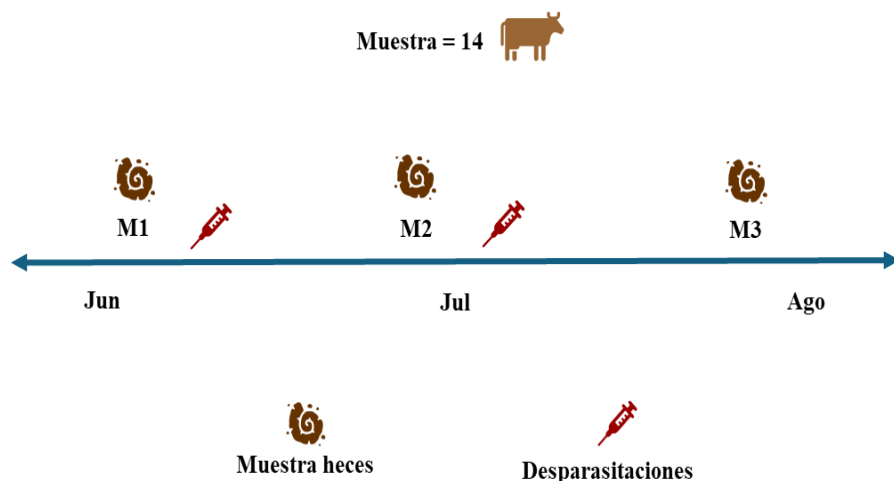


Figura 2. Esquema de desparasitación y muestreos

Análisis de laboratorio

Las muestras se analizaron en el laboratorio de ciencia animal de la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE), utilizando la técnica de McMaster, la cual se basa en el principio de flotación.

Con ayuda de la báscula digital gramera SF-400 se pesó una porción de 2 gr de heces la cual con ayuda de una cuchara plástica se maceró en un recipiente con 28 mL de solución sobresaturada de cloruro de sodio para obtener una mezcla homogénea a la cual se le retiraron todos los residuos ajenos (como restos de pasto) con ayuda de un colador de malla fina.

Se dejó reposar por al menos un minuto para permitir que los huevos de la muestra y que fueron expuestos a la solución sobresaturada se separaran de la masa fecal y se ubicaran en la superficie del líquido.

Con ayuda de una pipeta se cargó la cámara de McMaster y se le hizo una lectura a través del microscopio óptico compuesto OLYMPUS CX31 a 10X, en la cual se identificaron y contaron los huevos presentes, cantidad que posteriormente fue multiplicada por 50 para obtener el total de huevos por gramo (HPG).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó siguiendo la metodología para la detección de resistencia antihelmíntica en nematodos de importancia veterinaria de la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria (W.A.A.V.P. por sus siglas en inglés) descrita por Coles et al. (1992).

Resultados y discusión

Desde el inicio del experimento hubo animales que no reportaron huevos por gramo de heces (HPG) de nematodos gastrointestinales (NGI), sin embargo, fueron pocos y no representaron una alteración significativa para el resto de los resultados.

De acuerdo con el conteo de HPG, en la primera aplicación del tratamiento (TRB + ALB + IVM), se observó una reducción significativa. Antes del tratamiento, el promedio fue de más de 2,500 HPG mientras que después del tratamiento disminuyó a menos de 500 en promedio, lo que indica una disminución considerable en la carga parasitaria. En la segunda aplicación del tratamiento, también se observó una disminución notable en los conteos de huevos de NGI. Antes de la aplicación, el promedio de HPG fue de 489, y después del tratamiento, este valor se redujo a 143 en promedio. Esta reducción adicional sugiere que el tratamiento sigue siendo efectivo para disminuir la infección parasitaria pero el porcentaje es bajo (Figura 3). Estos resultados se pueden comparar a los obtenidos por Ramírez et al. (2019) en el departamento de Cabañas, El Salvador, en donde reportó un promedio de 1,785 HPG en animales menores de 12 meses antes de la aplicación de IVM, y un promedio de 698 HPG posterior al tratamiento.

Mientras que, en el sur de Sonora, México, Munguía et al. (2021), reportó rangos de 50 a 300/900 HPG con mayores prevalencias en becerros de los 4 a 12 meses de edad.

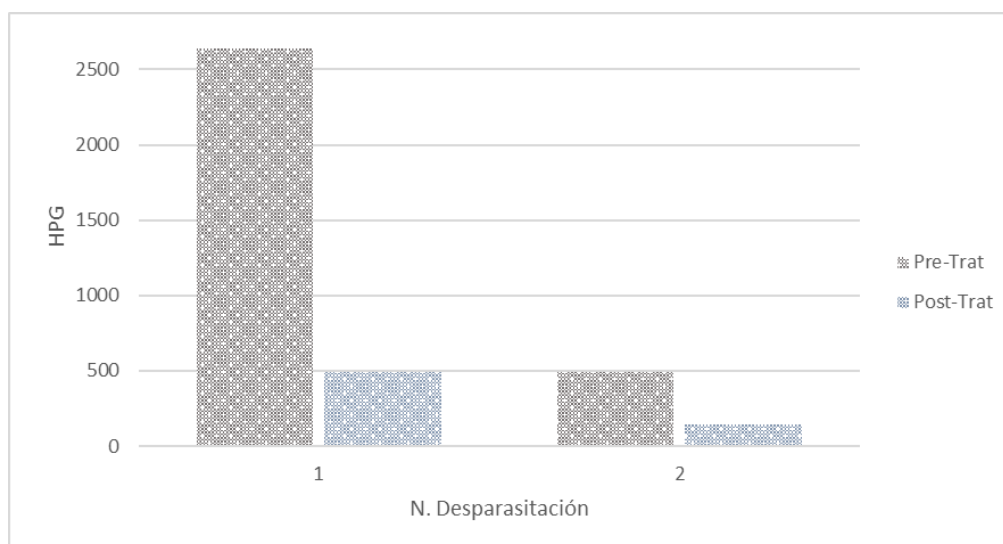


Figura 3. Promedio de HPG en las muestras de heces antes y después de las dos desparasitaciones

De acuerdo con la comparativa de conteo de huevos por gramo de heces al inicio y final del tratamiento se observa un comportamiento muy similar en los animales. Se presentaron casos particulares que destacaron por su variabilidad en la respuesta al tratamiento. Por ejemplo, un animal mostró una disminución drástica en su carga parasitaria, pasando de tener más de 35,000 HPG a menos de 400 HPG después del tratamiento. Este caso demuestra que el tratamiento puede ser efectivo en ciertos individuos, logrando una reducción significativa de la infección parasitaria.

En contraste, se observó el caso de otro animal que presentó una carga parasitaria casi nula al inicio del estudio, pero que terminó con una carga de 1,200 HPG tras el tratamiento. Este aumento inesperado sugiere la posibilidad de variaciones individuales en la respuesta al tratamiento, factores ambientales o errores en el manejo de los animales que podrían haber contribuido a este incremento.

Estas discrepancias individuales subrayan la necesidad de considerar tanto las respuestas promedio como los casos atípicos al evaluar la eficacia de los tratamientos antihelmínticos. Además, estos hallazgos muestran la importancia de un seguimiento individual y detallado

de cada animal, para identificar y gestionar adecuadamente los casos de resistencia antihelmíntica o de ineffectividad del tratamiento (Figura 4).

Estos resultados comparados con algunos otros como el realizado por Leal et al. (2019) en Brasil, donde reporta recuentos máximos de 248 HPG en becerros antes del tratamiento antihelmíntico y de 490 HPG posterior al tratamiento, son diferentes en cuanto a conteos de huevos, pero similares en cuanto a efectividad de tratamientos antihelmíntico.

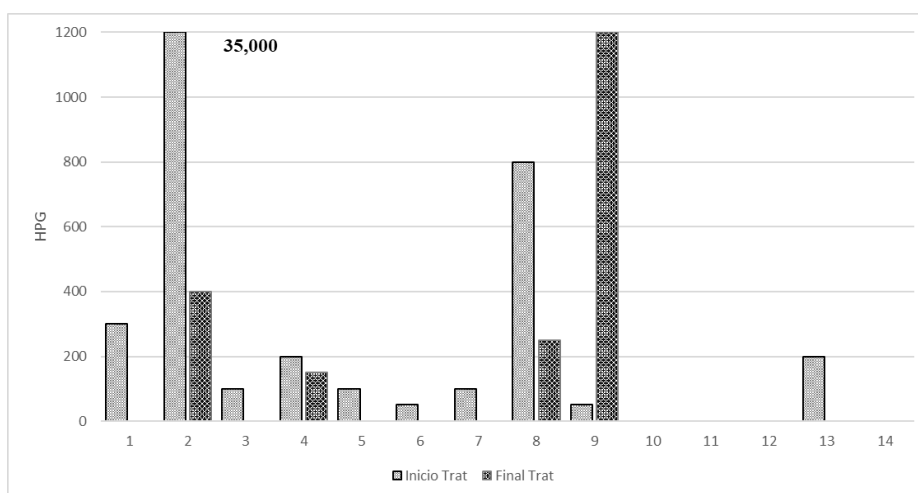


Figura 4. Comparativa de la presencia de HPG antes del tratamiento y posterior a su finalización por animal

Analizando los porcentajes de reducción, en la primera aplicación del tratamiento, se observó una reducción del 81% en el conteo de huevos de nematodos gastrointestinales en promedio, con un índice de confianza inferior del 70%. Este resultado refleja una baja disminución de la carga parasitaria, ya que el límite inferior de confianza no alcanza niveles ideales.

En la segunda aplicación del tratamiento, se registró una reducción del 71% en el conteo de huevos de nematodos, con un límite de confianza inferior de 53%. Aunque todavía se observa una reducción considerable, el índice de confianza inferior señala una variabilidad que podría afectar la consistencia del tratamiento (Figura 5).

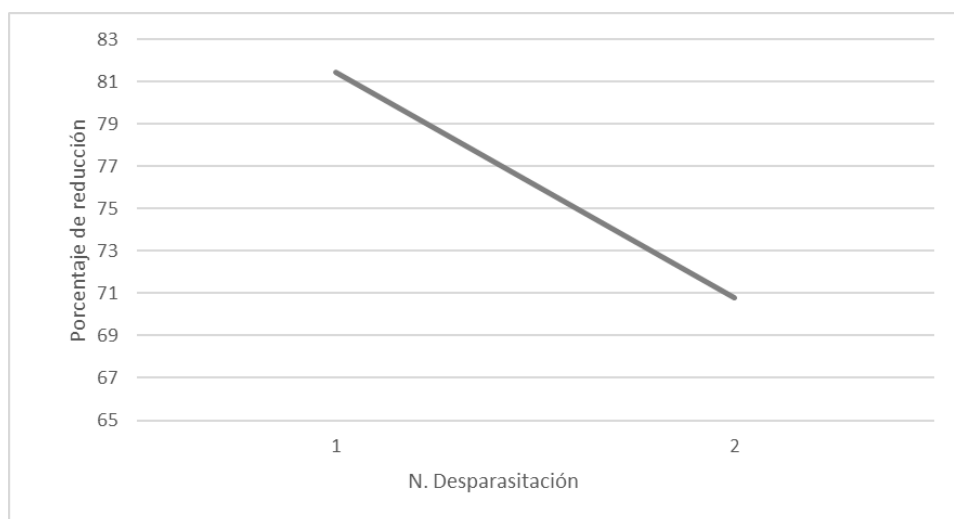


Figura 5. Porcentaje de disminución de HPG en cada aplicación del tratamiento

Análisis recientes realizados en ovejas pelibuey en Hidalgo comparando Ivermectina (IVM) y Albendazol (ALB) reportaron reducciones significativas en la cantidad de HPG posteriores al séptimo día de aplicación del tratamiento. Este nivel de eficacia en los días posteriores se mantuvo por encima del 95% hasta el día 21 en ambos casos, y posteriormente comenzó a disminuir alcanzando al final del estudio un valor menor al 50% en el caso de la IVM (Collazo et al., 2023).

Un estudio realizado en Brasil por Pinheiro et al. (2023) reportó resistencia antihelmíntica a ivermectina y albendazol, con una eficacia inferior al 95% y un límite de confianza inferior de menos del 90%. Mientras que, en México, Bonilla et al. (2022) reportó porcentajes de eficacia nematocida en ivermectina menores al 50% e incluso reducciones nulas. Estos estudios destacan la creciente preocupación por la resistencia antihelmíntica en distintas regiones y cómo esta puede afectar la efectividad de los tratamientos.

La presencia de resistencia antihelmíntica está determinada justamente por estos porcentajes de reducción en el conteo fecal de huevos, considerándose como resistencia un porcentaje menor al 95% de reducción (Coles et al., 1992).

Con base en esto, el tratamiento aplicado en el presente estudio no mostró niveles de reducción efectivos a pesar de que se trató de un tratamiento con una combinación de tres productos antihelmínticos. Esta falta de efectividad sugiere la posible presencia de resistencia

antihelmíntica, lo que subraya la necesidad de seguir investigando y desarrollando nuevas estrategias de control parasitario para mantener la salud animal y la eficacia de los tratamientos disponibles.

Conclusiones

1. La efectividad del tratamiento antihelmíntico (TRB + ALB + IVM), evaluado a través del conteo de huevos por gramo (HPG) de heces y porcentaje de reducción, muestra resultados significativos pero insuficientes para el control óptimo de la carga parasitaria.
2. Estos hallazgos sugieren una tendencia preocupante de resistencia antihelmíntica, determinada por reducciones en el conteo fecal de huevos menores al 95%, según los criterios establecidos por Coles et al. (1992).
3. La falta de una reducción efectiva, a pesar de utilizar una combinación de tres productos antihelmínticos, subraya la urgencia de continuar investigando y desarrollando nuevas estrategias para el control de nematodos gastrointestinales. La resistencia antihelmíntica no solo compromete la salud animal, sino que también representa un desafío significativo para la gestión de parásitos en el ámbito veterinario y agrícola.
4. Aunque el tratamiento muestra cierta efectividad en reducir la carga parasitaria, los niveles de reducción observados no alcanzan los umbrales necesarios para considerarse completamente efectivos. Esto resalta la necesidad de implementar prácticas de manejo integradas y explorar alternativas terapéuticas para combatir la resistencia antihelmíntica, asegurando así la sostenibilidad de las estrategias de control parasitario y la salud óptima de los animales afectados.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Información climatológica por estados. Chiapas. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chis>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Producción pecuaria. Nacional. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

González G. R., Hernández H. J. del C., Torres H. G. y Ortiz P. D. O. 2019. Comportamiento hematológico de bovinos infectados por trematodos en un clima cálido húmedo de México. *Pastos y Forrajes*, 42(3).

Kotze A. C. y Prichard R. K. 2016. Anthelmintic Resistance in *Haemonchus contortus*: History, Mechanisms and Diagnosis. *Advances in Parasitology*, 93:397–428. <https://doi.org/10.1016/BS.APAR.2016.02.012>

Leal P. L., Robson D. E., Almeida B. G., de Oliveira V. V., Leite C. E. G., Leite C. E. G. et al. 2019. Control de la helmintiasis en becerros criados en una región semiárida cálida de Brasil. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 10(1):30-51. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n1/2448-6698-rmcp-10-01-30.pdf>

López S. L., Ruíz L. A., Pagán M. M., Jiménez C. E. y Ortiz C. G. 2021. Detection of anthelmintic resistance in nematodes infecting dairy heifers in Puerto Rico. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 30(1):35–41. <https://doi.org/10.53588/alpa.300105>

Munguía X. J., Leal F. I., Muñoz C. J., Medina C. M., Reyna G. J. y López C. P. 2021. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en bovinos del sur de Sonora, México. *Abanico Veterinario* 9:1-11. <https://www.scielo.org.mx/pdf/av/v9/2448-6132-av-9-e919.pdf>

Pacheco M. G., Montes Z. V., Alvarado Á. H., Angulo C. F. y Fonseca R. C. 2023. Homeopathic treatments efficacy against gastrointestinal nematodes in cattle from the Ecuadorian low tropics. Revista Científica de La Facultad de Veterinaria, 33. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33205>

Pinheiro S. S., Cunha R. A., Pereira C. R., Serejo P. F. P., Martins C. C., Diniz J. D. et al. 2023. Resistance of gastrointestinal nematoids of goats and sheep to the antihelmintics levamisole, ivermectin and albendazole. Ciencia Animal Brasileira, 24. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-75316E>

Ramírez H. A. F., Alvarenga A. R. F., Romero P. L. E. 2019. Determinación de la resistencia de nematodos gastrointestinales a la ivermectina en bovinos de cinco ganaderías del municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas, El Salvador. Agrociencia 2(12):13-19. <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/115/131>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Producción ganadera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>

Viedma R. F. 2020. Carga parasitaria en bovino en distintos sistemas de manejo de pastura. Revista Sobre Estudios e Investigaciones Del Saber, 14(14):07–10.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Resumen

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Huimanguillo, Tabasco, México; ²Campo Experimental Mocochoá, INIFAP, Yucatán, México; ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Querétaro, México. *Autor de correspondencia: oliva.jorge@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Introducción

A horizontal banner displaying the logos of several participating organizations. From left to right, the logos include: the coat of arms of Mexico; the logo of the Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER); the logo of INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias); the logo of SEDAFOP (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca); the logo of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); the logo of UPM (Universidad Politécnica del Mar); the logo of CCYTET; the logo of the Fundación Produce Jalisco A.C.; and the logo celebrating 30 años (30 years) of Ecosur.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El estudio se desarrolló durante los meses de enero a junio de 2023 en la Unidad Experimental Ovina del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizada en Huimanguillo, Tabasco, México. El municipio de Huimanguillo se ubica en los 17°50' N, 93°23' O, a una altitud de 20 msnm. El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) y temperatura ambiente con media anual de 27.8°C (INEGI, 2017).

Animales

Se utilizaron 35 ovejas (*Ovis aries*) Blackbelly x Pelibuey, de las cuales 16 fueron primalas y 19 multíparas. Los promedios en el peso vivo (PV) y condición corporal (CC) (escala de 1 al 5: 1= flaca, 2= regular, 3= buena, 4= muy buena y 5= obesa, Thomson y Meyer, 1994) al inicio del manejo reproductivo para las primalas y multíparas fueron 27.1 ± 1.0 kg (media $\pm$ desviación estándar) y 3.0 unidades de CC; y 40.1 ± 5.2 kg y 3.0 unidades de CC, respectivamente.

Tipo de estudio

El estudio fue de tipo descriptivo debido a que los dos grupos de ovejas en estudio, primalas y multíparas, recibieron un manejo nutricional diferente durante el período de manejo reproductivo de apareamiento.

Alimentación durante el manejo reproductivo

Las ovejas primalas se mantuvieron en estabulación y se alimentaron con pasto Camerún (*Pennisetum purpureum* CV Camerún rojo), follaje de *Erythrina americana* (500 g en base húmeda oveja⁻¹ d⁻¹) y un alimento comercial (12% de proteína cruda; 300 g oveja⁻¹ d⁻¹). La cantidad de alimento comercial se dividió en dos partes similares y se ofreció en grupo a las 8:00 y 18:30 horas. Todas las ovejas tuvieron acceso a una sal mineral.

Las ovejas multíparas se alimentaron con base en el pastoreo y una complementación alimenticia, la cual consistió en alimento comercial (12% de proteína cruda; 100 g oveja⁻¹ d⁻¹) el cual se ofreció en grupo después del pastoreo. El pastoreo se efectuó en praderas mixtas con Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Camalote (*Paspalum fasciculatum* Willd.

ex

Flüggé) y Chontalpo [*Urochloa decumbens* (Stapf.) R.D. Webster; sinónimo *Brachiaria decumbens*]. El sistema de pastoreo fue de tipo rotacional con períodos de ocupación de cinco días por 25 días de descanso. El horario de pastoreo fue de las 8:00 a 17:00 horas. Al finalizar el horario de pastoreo las ovejas se alojaron en grupo y se distribuyeron en dos corrales (17:00 a 7:00 horas). Los corrales de alojamiento contaban con bebedero, un saladero, piso de concreto y techo de lámina de asbesto.

Medicina preventiva

Previo al inicio del manejo reproductivo, se efectuó el control de parásitos gastrointestinales con doracmectina (10 mg por cada 50 kg de PV vía intramuscular; Dectomax Pfizer®) y se aplicó 1 mL de vitamina ADE oveja⁻¹ por vía intramuscular (500 000 UI vitamina A, 75 000 UI vitamina D, 50 mg vitamina E por mL; Vigantol Bayer®).

Manejo reproductivo

La detección del comportamiento de estro durante el período de apareamiento de las ovejas, se realizó dos veces al día (7:00 a 7:30 horas y 17:00 a 17:30 horas) durante 42 días apoyándose con la presencia de tres carneros Blackbelly. Se consideró a una oveja en estro, cuando se mantuvo inmóvil durante la copula y presentó previo a la copula alguna de las siguientes conductas de estro: movimiento y agitación frecuente y rápida de la cola, búsqueda y acercamiento al carnero (Goodman y Inskeep, 2015). Cuando se detectó una oveja en estro se permitió su apareamiento con el mismo carnero durante tres ocasiones a intervalos de 10 a 14 horas, considerando el horario de detección del estro (AM, PM, AM o PM, AM, PM). Se procuró que los tres carneros se aparearan con al menos una oveja primípara y una múltipara.

Variables respuesta

El comportamiento productivo se evaluó a través de las variables: PV, CC al iniciar el manejo reproductivo y ganancia diaria de peso (GDP) durante el manejo reproductivo.

Las ovejas se pesaron al iniciar y finalizar el manejo reproductivo con una báscula de plataforma con capacidad para 500 kg. La precisión de la báscula fue de 0.200 kg. La GDP de las ovejas se calculó con la siguiente ecuación: $GDP = \frac{(PV \text{ al finalizar el manejo reproductivo} - PV \text{ al iniciar el manejo reproductivo})}{42}$

42

En donde:

GDP= Ganancia diaria de peso (kg)

PV= peso vivo (kg)

42= duración del manejo reproductivo (días)

La CC se evaluó por una misma persona al iniciar el manejo reproductivo, utilizando la escala de uno a cinco, descrita previamente (Thomson y Meyer, 1994).

El comportamiento reproductivo de las ovejas se determinó a través de las siguientes variables: intervalo entre el inicio del manejo reproductivo y el primer estro (días), intervalo entre el inicio del manejo reproductivo y la concepción (días), porcentaje de ovejas en estro, porcentaje de ovejas que lograron la concepción al primer apareamiento (primer estro) y porcentaje de parición.

El intervalo entre el inicio del manejo reproductivo y el primer estro (días), se consideró como el número de días entre la fecha de inicio del manejo reproductivo y la fecha en la cual se detectó por primera vez a la oveja en estro. El intervalo entre el inicio del manejo reproductivo y la concepción (días) se calculó mediante la diferencia de días entre la fecha de inicio del manejo reproductivo y la fecha en la cual se estimó que ocurrió la concepción en la oveja. La fecha de concepción se determinó identificando la fecha en la que la oveja se detectó en estro, recibió monta natural y en fecha posterior ocurrió el parto, verificando que la duración de la gestación estuviera dentro de un valor cercano (148 días) al promedio de duración de la gestación en ovejas (Guzmán-Martínez *et al.*, 2021). El porcentaje de ovejas en estro se determinó con la fórmula
$$\frac{\text{Número de ovejas en estro}}{\text{Número de ovejas en la categoría de número de parto}} * 100$$
. El

porcentaje de ovejas que lograron la concepción al primer apareamiento (primer estro) se calculó con la fórmula
$$\frac{\text{Número de ovejas que lograron la concepción}}{\text{Número de ovejas en su primer estro y con monta natural}} * 100$$
. El

porcentaje de parición se determinó con la fórmula
$$\frac{\text{Número de ovejas que tuvieron un parto}}{\text{Número de ovejas en estro y con monta natural}} * 100$$
 (Guzmán-Martínez *et al.*, 2021).

Análisis estadístico

Se utilizaron estadísticos descriptivos (media $\pm$ desviación estándar) para caracterizar el comportamiento de las variables reproductivas y productivas estudiadas (SAS, 2004).

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

En las ovejas multíparas se detectaron valores negativos en la GDP durante el período de apareamiento (Cuadro 1). Al parecer, el nivel marginal de complementación alimenticia que recibieron las ovejas multíparas en pastoreo no permitió que estas tuvieran una GDP positiva. Sin embargo, estas lograron mantener su CC sin cambio. Al respecto, Montes de Oca *et al.* (2018) indican que una unidad de cambio en CC corresponde a 6.9 kg de PV en ovejas Pelibuey no lactantes y no gestantes. En este estudio, el cambio negativo de PV durante el período de apareamiento no fue mayor a 1.0 kg, lo que pudiera explicar la no detección de un cambio de CC significativo entre el inicio y fin del período de apareamiento. En lo que respecta a la GDP, en ovejas multíparas Pelibuey en pastoreo más una complementación alimenticia ($600 \text{ g oveja}^{-1} \text{ día}^{-1}$) durante el período de apareamiento se indica una mayor GDP (40 g día^{-1}) que la registrada en el presente estudio (Oliva-Hernández *et al.*, 2008); de manera similar a lo señalado con las ovejas primalas, la diferencia entre estudios en la GDP de las ovejas multíparas puede estar relacionado con el nivel de complementación alimenticia que

recibieron las ovejas. La pérdida de peso observada en las ovejas múltiparas durante el apareamiento podría estar relacionada con un aporte insuficiente de nutrientes en relación a sus mayores demandas energéticas, posiblemente exacerbado por la condición de pastoreo. A pesar de esta pérdida, la capacidad de mantener la CC indica una movilización eficiente de reservas corporales, lo cual es crucial para su rendimiento reproductivo.

Cuadro 1. Comportamiento productivo de ovejas primalas y múltiparas Blackbelly x Pelibuey expuestas a un manejo reproductivo de apareamiento controlado de corta duración.

Variable	Tipo de oveja/manejo nutricional	
	Primalas en estabulación (N=16)	Múltiparas en pastoreo (N=19)
Edad inicial (días)	309.1 $\pm$ 22.3 ^a	--
Peso vivo inicial (kg)	24.8 $\pm$ 3.6	34.8 $\pm$ 5.4
Peso vivo final (kg)	25.1 $\pm$ 3.4	34.6 $\pm$ 5.4
Cambio de peso durante el manejo reproductivo (kg)	0.3 $\pm$ 0.9	-0.2 $\pm$ 1.7
Ganancia diaria de peso durante el manejo reproductivo (g)	7 $\pm$ 23	-4 $\pm$ 38
Condición corporal ^Φ inicial	3	3
Condición corporal final	3	3

N= Número de observaciones; a, media $\pm$ desviación estándar; ^Φ Condición corporal: escala de 1 al 5, 1= flaca, 2= regular, 3= buena, 4= muy buena y 5= obesa (Thomson y Meyer, 1994).

Todas las ovejas primalas estudiadas presentaron estro (Cuadro 2). Al respecto, Roldan-Roldan *et al.* (2016) indican que las ovejas primalas Pelibuey pueden presentar su pubertad con 25 kg de PV, una CC de dos unidades, una edad de 230 días y sin la presencia del efecto macho. Las ovejas primalas estudiadas tuvieron un peso similar, pero, una CC y edad mayor



2014; Aguilar-Martínez *et al.*, 2017). Las diferencias en la tasa de parición entre estudios pueden estar relacionadas con el genotipo de la oveja, condición corporal, número de parto, días posparto, edad de las ovejas primíparas y época del año en que ocurre el apareamiento (Hinojosa-Cuéllar y Oliva-Hernández, 2009; Quintal y Alcaraz, 2009; Aguilar-Martínez *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Comportamiento reproductivo de ovejas primíparas y multíparas Blackbelly x Pelibuey expuestas a un período de apareamiento de corta duración y controlado.

Variable	Tipo de oveja/manejo nutricional	
	Primípara en estabulación	Multípara en pastoreo
Intervalo entre el inicio del empadre y su primer estro (días)	9.6 ± 6.4	5.7 ± 4.3
Intervalo entre el inicio del empadre y la concepción (días)	10.7 ± 8.5	8.1 ± 6.5
Ovejas en estro (%)	100.0 (16/16)	100.0 (19/19)
Ovejas que lograron la concepción al primer estro (%)	93.8 (15/16)	84.2 (16/19)
Parición (%)	93.8 (15/16)	94.7 (18/19)

Conclusiones

Ambos grupos, primíparas y multíparas, demostraron una alta eficiencia reproductiva bajo manejo controlado, sugiriendo que este método puede ser eficaz para mejorar la sincronización y éxito reproductivo en ovinos. Las ovejas primíparas y multíparas mantuvieron su condición corporal sin cambios durante el período de apareamiento. Particularmente, en ovejas primíparas Blackbelly x Pelibuey, el iniciar el período de apareamiento con una edad de diez meses, 24.8 kg de PV y tres unidades de CC, les permitió obtener una alta eficiencia

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

El presente escrito forma parte del proyecto “Uso de follaje de *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* como complemento alimenticio de ovejas reproductoras en pastoreo” con clave SIGJ: 1315835078

Goodman, R. L., and E. K. Inskeep. 2015. Control of the ovarian cycle of the sheep. In: Plant, T. M., and A. J. Zeleznik (eds). Knobil and Neill's physiology of reproduction. 4th ed. USA: Elsevier. Pp. 1239-1306.

Aguilar-Martínez, C. U., J. M. Berruecos-Villalobos, B. Espinoza-Gutiérrez, J. C. Segura-Correa, J. Valencia-Méndez, y A. Roldán-Roldán. 2017. Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 20:429–439.

Goodman, R. L., and E. K. Inskeep. 2015. Control of the ovarian cycle of the sheep. In: Plant, T. M., and A. J. Zeleznik (eds). Knobil and Neill's physiology of reproduction. 4th ed. USA: Elsevier. Pp. 1239-1306.

Guzmán M., V., E. B. Castillo L., J. A. Hinojosa C., y J. Oliva H. 2022. Peso vivo de la oveja primala al primer empadre, y productividad en sus dos primeros partos. Nova Scientia, 14(28):1-16.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., y J. Oliva-Hernández. 2009. Distribución de partos por estación en ovejas de razas de pelo y cruces en un ambiente tropical húmedo. *Revista Científica FCV-LUZ*. XIX(3):288-294.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. México. 443p.

Montes de Oca de la Cruz, F., A. T. Piñeiro-Vázquez, J. R. Velázquez M., A. Mendoza-González, A. J. Aguilar-Caballero, J. M. Piña-Gutiérrez, *et al.* 2018. ¿cuantos kilogramos de peso son necesarios para cambiar la condición corporal en ovejas Pelibuey? Agro Productividad. 10(2):79-81.

Oliva-Hernández, J., J. M. Zulueta-Rodríguez, y J. A. Hinojosa-Cuéllar. 2008. Evaluación reproductiva de ovejas Pelibuey durante un empadre controlado. In: Memoria del 20° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Cd. Madero, Tamaulipas, México. Pp. 26-30.

Pascual-Córdova, A., J. Oliva-Hernández, D. Hernández-Sánchez, G. Torres-Hernández, M. E. Suárez-Oporta, y J. A. Hinojosa-Cuéllar. 2009. Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. Archivos de Medicina Veterinaria. 41:205-212.

Quintal F., J. A., y Alcaraz R., R. A. 2009. Reproducción del rebaño. p. 111-147. In: Cantón C., J. J. G., y S. F. Góngora G. (ed) Producción intensiva de ovinos de pelo en el trópico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochá. Yucatán, México.

Ramírez B., M.A., I. del C. García O., J. Oliva H., y J. A. Hinojosa C. 2014. Tasa de parición durante el establecimiento de un rebaño ovino en Huimanguillo, Tabasco. *Investigación y Posgrado*. 4, 14: 5-13.

Ramón U., J. P. y J. R. Sanginés G. 2002. Respuesta al efecto macho de primas Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Técnica Pecuaria en México*. 40(3):309-317.

Roldán-Roldán, A., E. García-Martínez, V. Del Río-Araiza, J. M. Berruecos-Villalobos, L. A. Zarco-Quintero, y J. Valencia. 2016. Edad a la pubertad en corderas Pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia*. 50:441-448.

SAS (2004) SAS/STAT R 9.1 User's Guide. SAS Inst. Inc. Cary, NC. 5121p.

Thomson, J., and H. Meyer. 1994. Body condition scoring of sheep. Oregon, USA: Oregon State University Extension Service.

BR024467 (56.6, 56.3, 55.6 y 54.7 %, respectivamente) y la producción de forraje en verde fue mayor en Marandú y GP1752 (12.4 y 11.9 t/ha-1, respectivamente). Se concluye que GP1752, BR050549 y Marandú fueron las especies forrajeras con mejor comportamiento agronómico en la época de nortes.

Palabras claves: Cayman blend, forraje, grasa, lactosa, proteína

Introducción

En el trópico las plantas forrajeras más utilizadas se encuentran dentro del género *Urochloa*, debido a que son ampliamente conocidas y poseen excelentes cualidades agronómicas forrajeras, sin embargo, también tienen sus limitaciones. (Subía, 2016). Existen gramíneas para suelos inundables como: *Urochloa humidicola*, *Urochloa mutica*, *Echinochloa polystachya* o *Hemarthria altissima*. Para suelos no inundables: *Andropogon gayanus*, *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens* o *Cynodon dactylon* y, para suelos de baja fertilidad: *Urochloa*, *Axonopus*, *Paspalum* e *Hyparrhenia* (Meléndez, 2012).

Se debe considerar que la pradera es un ecosistema dinámico, por lo que necesita un manejo estratégico para mantener la producción de forraje y la persistencia de la misma (Cruz et al., 2011). Tanto la producción como la calidad nutritiva de los pastos están influenciadas por variados factores como: especie y variedad, suelo, clima, edad de rebrote, fertilización, riego, intensidad de pastoreo, entre otros (Herrera y Ramos, 2015). Dentro del manejo estratégico están las prácticas agronómicas como la fertilización nitrogenada y edad de rebrote a la cual se pastorea o se cosecha el forraje (Cruz et al., 2017). En la mayor parte de los suelos tropicales, el nitrógeno y fósforo son los minerales de mayor demanda en las gramíneas forrajeras, debido a que, los procesos de volatilización, lixiviación y desnitrificación, que se dan durante la mineralización y transferencia a la planta, son los responsables de la pérdida de nutrientes (Solano y Villalobos, 2022).

Un buen manejo de la fertilización permite mayor longevidad de la población del pasto, sin riesgos de degradación, permite aumentar su productividad y periodo de renovación (Subía, 2016). Además, debe tomarse en cuenta la persistencia de la pradera, la relación costo beneficio (kg de MS de pasto adicional producido) y su impacto sobre la carga animal (Rojas

y Campos, 2015). Por otro lado, la edad de rebrote tiene una correlación positiva con el rendimiento del forraje, a mayor edad mayor producción de biomasa, pero una correlación negativa con la calidad nutricional debido a la madurez de la planta, (Cruz et al., 2017). A medida que el pasto madura, hay mayor velocidad en la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) y la calidad disminuye (Zambrano, 2016).

Sin embargo, hay quienes afirman que el corte o pastoreo a edades tempranas provoca efectos negativos en el pasto, ya que, si la remoción del área foliar se hace de manera continua, se reducen las reservas en las partes bajas de los tallos y raíces; afectando el rebrote y el crecimiento vigoroso después del corte (Madera et al., 2013). Por ello, se debe buscar el punto de equilibrio entre producción y calidad de forraje, para asegurar los requerimientos nutricionales de los animales (Carriel, 2014).

Por otro lado, los cambios climáticos que se presentan en diversas regiones de la Tierra, derivados del calentamiento global, tienen su impacto directo en la actividad agropecuaria, especialmente en la producción de forraje (Álvarez, 2019). Por ejemplo, en zonas tropicales, las condiciones climáticas son más severas, la precipitación pluvial es mucho más intensa, mientras que el sol crea condiciones de mayor calor y sequía, por lo que la producción animal comúnmente se caracteriza por bajos índices de producción, debido al crecimiento estacional y bajo valor nutritivo del forraje producido (Ramírez et al., 2009 y Acosta, 2018).

El rendimiento y la acumulación de forraje se desarrollan de manera dinámica, debido a la formación de nuevo tejido y la pérdida de tejido maduro por senescencia; ambos procesos están determinados genéticamente y son influenciados por las condiciones ambientales y de manejo (Ramírez et al., 2009).

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El estudio se realizó en un rancho comercial, ubicado en el municipio de Huimanguillo, de la región Chontalpa del estado de Tabasco (17°85'80.3" N; -93°40'71.6" O; 20 msnm). Cuenta con clima cálido húmedo, con lluvias en verano y otoño. La lluvia promedio anual es

2,295 mm año⁻¹ y las temperaturas máxima, media y mínima promedio registradas son 35, 25 y 15 °C, respectivamente, con 77.4 % de humedad relativa (CONAGUA, 2023).

Diseño experimental, especies forrajeras y manejo

Para el estudio se utilizarán 72 parcelas de 18 m² c/u (4 x 4.5 m), cuatro por cada especie forrajera a evaluar (BR020465, BR050549, BR051435, BR051467, BR094467, GP0423, GP1752, GP1794, GP3025, GP53207, GPNF3025456, GPNF3207461, GPNF6024161, Marandú, Mavuno, Mulato II, MX022090 y Xaraes) bajo un diseño de bloques completos al azar. Las parcelas se fertilizaron a inicios de la época de nortes (26 de octubre) con la fórmula 50N-60P-00K (empleando urea como fuente de nitrógeno y superfosfato triple de calcio como fuente de fósforo). La fertilización se realizó al voleo y, previo a ésta, se realizó un corte de uniformidad a una altura de 10 cm y se tomó como el día 1 del periodo de muestreo.

Muestreo

Como criterio, se sugirió que la mayoría de las especies tuvieran una altura mayor a los 30 cm, por lo que se realizaron cuatro muestreos durante toda la época, teniendo edades de rebrote de 35 (26 oct-29 nov), 40 (30 nov-08 ene), 29 (09 ene-06 feb) y 37 (07 feb-14 mar) días.

Para los muestreos se utilizó un cuadro de 0.25 m² y se siguió la metodología de Haydock y Shaw (1975). Antes del corte de la muestra, se midió la altura del pasto y la cobertura respecto al cuadro de 0.25m². Al finalizar cada muestreo, en todas las parcelas se realizó un corte de uniformidad a una altura de 10 cm. Las variables medidas fueron: Altura (cm), cobertura (%) y producción de forraje en verde (t/ha⁻¹).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando un modelo lineal general, a través del procedimiento GLM en el programa estadístico SAS 9.0 (2002) y la comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en las variables evaluadas (altura, cobertura y producción de forraje en verde) respecto a los dos factores evaluados (especie y edad de rebrote). De acuerdo con la especie, el pasto Marandú presentó la mayor altura (42.75 cm), mientras que el GP3207 fue la especie que mostró menor altura (26.05 cm). El grupo formado por las especies Marandú, Mavuno, Mulato II, GP1794 y Xaraes fue el que mostró la mayor altura al tener 38.99 cm en promedio, seguido del grupo de los BR con 36 cm. De manera general, el 55.55 % de las especies presentó una altura por arriba de los 35 cm para esta época evaluada (Tabla 1).

Cuadro 1. Evaluación agronómica de 18 forrajeras del género *Urochloa* en cuatro edades de corte y durante la época de nortes en Huimanguillo, Tabasco.

Factores	Altura (cm)	Cobertura (%)	Producción de forraje (t/ha ⁻¹)
Especie			
BR020465	34.86 _{bcd}	40.00 _{cde}	9.64 _{abcde}
BR050549	42.25 _{ab}	56.25 _a	11.13 _{ab}
BR051435	30.81 _{def}	50.93 _{abc}	9.77 _{abcde}
BR051467	37.05 _{abcde}	55.62 _a	10.15 _{abcd}
BR094467	34.57 _{bcd}	54.68 _a	7.91 _{bcd}
GP0423	33.37 _{cdef}	42.81 _{bcd}	6.85 _{efgh}
GP1752	39.56 _{abc}	56.56 _a	11.98 _a
GP1794	37.77 _{abcd}	46.87 _{abcd}	7.78 _{cdefg}
GP3025	29.50 _{ef}	23.12 _f	4.46 _h
GP3207	26.05 _f	31.87 _{ef}	5.36 _{gh}
GPNF3025456	34.10 _{cde}	31.87 _{ef}	6.20 _{fgh}
GPNF3207461	30.95 _{def}	32.18 _{ef}	6.98 _{defgh}

GPNF6024161	37.56 _{abcd}	52.50 _{ab}	10.70 _{abc}
Marandú	42.75 _a	50.31 _{abc}	12.43 _a
Mavuno	38.17 _{abcd}	36.50 _{de}	8.33 _{bcdefg}
MulatoII	38.65 _{abc}	49.06 _{abc}	9.91 _{abcdef}
MX022090	35.01 _{bcde}	46.87 _{abcd}	8.64 _{bcde}
Xaraes	37.62 _{abcd}	33.75 _{ef}	8.04 _{bcdefg}
Edades			
35	41.74 _a	57.15 _a	13.94 _a
40	31.27 _c	38.18 _c	8.66 _b
29	34.77 _b	48.88 _b	6.03 _c
37	34.58 _b	31.73 _d	6.08 _c

Letras diferentes en columnas (a, b, c, d, e, f, g, y h) indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) de las variables por especies y edades.

Los mayores porcentajes de cobertura los tuvieron el GP1752, BR050549, BR051467 y BR024467 con 56.56, 56.25, 55.62 y 54.68 %, respectivamente y el GP3025 fue el pasto que mostró menor cobertura al tener 23.12 %. El grupo que presentó mayor cobertura fue el de los BR con un promedio de 51.49 % y, además, se observa que más del 50 % de las especies evaluadas (10 especies) muestran una cobertura mayor al promedio; 43.98 % (Tabla 1).

Respecto a la producción de forraje en verde, los pastos Marandú y GP1752 fueron las especies con mayor producción forrajera (12.43 y 11.98 t/ha⁻¹, respectivamente), mientras que, GP3207 y GP3025 fueron las especies que presentaron menor producción (5.36 y 4.46 t/ha⁻¹, respectivamente).

Así como en la cobertura, el grupo de los BR fue el que obtuvo la mejor producción de forraje en verde al producir 9.74 t/ha⁻¹ en promedio. Cabe señalar que, más del 60 % de las especies mostraron una producción mayor a las 8 t/ha⁻¹ (Tabla 1).

En este trabajo, de manera general, los pastos evaluados tuvieron 35.42 cm de altura en promedio, presentaron una cobertura del 43.98 % y su producción de forraje en verde fue de 8.68 t/ha⁻¹ a una edad promedio de 35 días,

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

El comportamiento agronómico y la calidad nutritiva de los pastos están sujetos a dos tipos de factores: Los abióticos como la temperatura, humedad, radiación solar, época del año, fertilidad en el suelo y fertilización mineral; y los factores bióticos, destacando la genética de la especie forrajera y manejo del cultivo (Delorenzo, 2014).

Los pastos del género *Urochloa* se caracterizan por ser especies anuales o perennes, de porte erecto, decumbentes, esparcidas o estoloníferas. Poseen buenas cualidades de adaptación y persistencia en suelos con limitantes, tienen un eficiente crecimiento, perdurabilidad, altas producciones de biomasa de buena calidad y un alto grado de aceptación por los animales (Olivera et al., 2006). La alta variabilidad que existe entre las especies de este género les permite desarrollarse en un amplio rango de condiciones ambientales. Hay especies adaptadas a ambientes de extrema sequedad, las que se desarrollan mejor en suelos inundables o de mal drenaje y las que prefieren mejores condiciones de suelo (Villalobos et al., 2015).

Las especies que lograron la mayor altura (Marandú, Mavuno, Mulato II, GP1794 y Xaraes) es debido a su crecimiento erecto, mientras que, el GP3207 es un pasto completamente rastrero, por ello resultó ser la especie de menor altura. Estos resultados difieren con lo dicho por Rojas et al. en 2011, quienes mencionan que las especies con crecimiento en macollo pueden presentar mayor altura que las de crecimiento erecto o rastrero.

Las diferencias pudieron deberse a que en la época de nortes hay presencia de grandes masas de aire frío que provocan descensos en la temperatura, ligeras precipitaciones y nubosidades con vientos de intensidad variable (Meléndez, 2012), por lo que, las gramíneas tropicales

presentan una alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos se hacen presentes cuando las temperaturas oscilan entre los 0 y 15 °C y, en algunas especies, a los 20 °C (Álvarez et al., 2013). Los tallos de las gramíneas suelen tener mejor crecimiento cuando se presentan temperaturas entre los 25 y 35 °C y con un promedio de precipitación mensual de 150 mm (Cruz et al., 2017).

Cabe mencionar que en la época de nortes se presenta baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, debido a la disminución de los procesos de biosíntesis y por un déficit energético producido por una reducción en la tasa respiratoria. Durante la etapa de crecimiento, los asimilatos formados se acumulan en los cloroplastos y pueden afectar la tasa de asimilación y traslocación de metabolitos provocando daños físicos en el aparato fotosintético, lo cual limitará el crecimiento de los pastizales (del Pozo, 2002).

El mejor comportamiento de los pastos se dio en los primeros 35 días de la época, en estos días aún se presentan algunas lluvias, por lo que, en conjunto con la fertilización nitrogenada, hicieron que los pastos tuvieran mejor altura y cobertura, y lograran una mayor producción que en el resto de los muestreos. Además, gracias a la fertilización, se logró tener rebrotes de las especies en menor tiempo. El nitrógeno es un mineral que produce cambios en las características estructurales y morfológicas de los pastos, es decir, aumenta el tamaño y número de hojas y estimula el crecimiento de la planta mediante la elongación de los entrenudos (de Andrade et al., 2015).

Luna et al. (2015) afirman que, existe una correlación positiva entre la producción de biomasa y la edad de rebrote, es decir, que conforme avanza la edad de los pastos, éstos crecen, presentan mayor altura y se obtiene mayor producción de forraje. Sin embargo, nuestros resultados difieren con esta afirmación, ya que, dentro del muestreo había edades de 37 y 40 días, sin embargo, los resultados no fueron superiores a los de 35 días. La razón se debió a que, la edad de 40 días se presentó a mediados de la época, periodo en el que las nubosidades y las bajas temperaturas se dan con mayor magnitud, limitando el desarrollo de los pastos.

Cabe mencionar que, la duración del período luminoso es otro factor, relacionado con la intensidad y calidad de la radiación, que puede afectar directamente el crecimiento de los



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A Semillas Papalotla S.A. de C.V. por el financiamiento parcial de este experimento.

Acosta, B. I. C. 2018. Perfil de Ácidos Grasos y Calidad Fisicoquímica de la Leche en una Región Tropical. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México.

Álvarez, A., S. Herrera R., L. Díaz y A. Noda. 2013. Influencia de las precipitaciones y la temperatura en la producción de biomasa de clones de *Pennisetum purpureum*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 47(4), 413-417.

Álvarez, A. A. 2019. Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático. *Pastos y Forrajes*, 42:104-113.

Carriel, A. P. H. 2014. Estudio del comportamiento agronómico de cuatro variedades de pastos sometidos a distanciamientos de siembra en la zona de Pueblo viejo, provincia de Los Ríos. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Los Ríos, Ecuador.

Comisión Nacional del Agua. 2023. Reporte anual del clima en México 2022. , CDMX, México. [Accesible](#) en [Accesible](#)

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico/>

20Atmosf% C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M% C3%A9xico/Anual2022.
pdf (Consul
tado en abril 2024).

Cruz H. A., A. Hernández G., A. J. Chay C., S. I. Mendoza P., S. Ramírez V., A. R. Rojas G. et al. 2017. Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* cv Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. Rev. Mex. Cienc. Agric. 8:599-610.

Cruz L. P. I., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., S. I. Mendoza P., A. R. Quero C. y B. M. Joaquín T. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. Rev. Fitotec. Mex. 34:123-131.

de Andrade, G. F. M., F. Barbosa Z., L. Gerdes, A. Aparecida G., K. Batista, W. Teixeira M. et al. 2017. The utilization of tropical legumes to provide nitrogen to pastures: A review. Afric. J. Agric. Res. 12(2), 85-92.

Delorenzo, D. 2015. Taller Manejo de sistemas de producción lechera basados en pradera. Taller para el manejo del pastoreo. Lloa, Quito, Ecuador.

Del Pozo, R. P. P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Pastos 32:109-137.

Haydock, K. P. and H. Shaw N. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Austral. J. Experim. Agric. 15:663-670.

Herrera, R.S. y N. Ramos. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. Capítulo VI. Ed. R.S. Herrera. Editorial EDICA. Mayabeque, Cuba. Pp. 87-131.

Luna, M. R., E. Coronel A., H. A. Cevallos J., J. R. Pérez J., V. L. Murillo M., y I. Taco N. 2015. Respuesta agronómica de tres variedades de *Brachiaria* en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador. Rev. Cienc. Tecnol. 8, 45-50.

Madera, N. B., B. Ortiz, M. Bacab H. y H. Magaña. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. Avanc. Invest. Agropec. 17:41-52.

Meléndez, N. F. 2012. Principales Forrajes para el Trópico. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca y Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco. México.

Olivera, Y., R. Machado y P. Pozo. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. Pastos y Forrajes, 29:1-23.

Peri, P. L. 2005. Modelling photosynthetic efficiency (alpha) for the light-response curve of cocksfoot leaves grown under temperate field conditions. Europ. J. Agron. 22:277.

Ramírez, R. O., A. Hernández G., C. D. Silva S., J. Pérez P., J. F. Enríquez Q., A. R. Quero C. et al. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. Tec. Pec. Méx. 47:203-213.

Rojas, H. S., J. Olivares P., R. Jiménez G., I. Gutiérrez S. y F. Avilés N. 2011. Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico. Avanc. Invest. Agropec. 15:3-8.

Rojas, B. A. y C. M. Campos G. 2015. Hacia sistemas más intensivos en la producción de carne bovina: pastoreo con suplementación, semiestabulación y estabulación. Boletín Técnico. BNPymes, 8p.

SAS Institute Inc. 2002. Base SAS® 9.0 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Solano, L. M. y V. Villalobos L. 2022. Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. Nutr. Anim. Trop. 16, 82-104.

Subía, T. R. E. 2016. Evaluación fenológica del pasto humidicola (*Brachiaria humidicola*) con diferentes niveles de nitrógeno. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UTB, Los Ríos, Ecuador.

Villalobos, L. V. M. Longhi M. 2015. Características taxonómicas de pastos *Brachiaria* utilizados en Costa Rica. Nutr. Anim. Trop. 9(1), 39-56.

Zambrano, M. M. A. 2016. Potencial forrajero y valorización nutritiva de los pastos *Brachiaria decumbens* y Tanzania con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis de Maestría. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Resumen

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Huimanguillo. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas. ³Grupo Papalotla, S. A. de C. V. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. S.E. Pichucalco.

producción fue GP 1435, con una producción de 12,654.78 kg de materia verde. Se concluye que tanto en altura de la planta, así como producción de materia verde, predominan los pastos semierectos.

Palabras clave: *Urochloa*, forraje, producción, lomerío.

Introducción

El avance de la investigación en ganadería debe ir de la mano con el desarrollo de nuevos pastos. En el trópico los pastos presentan un potencial de desarrollo importante, esto nos lleva hacer más eficientes la producción de proteína y energía en rumiantes (Suchini, 2015). El género *Urochloa* pertenece a la familia *Poaceae*, tribu *Paniceae*, también conocida como *Urochloa* (Oliveira et al., 2017). Está conformado por alrededor de 100 especies, teniendo variación en algunos componentes morfológicos y fenológicos, dentro de los cuales sobresalen las especies y cultivares *Urochloa brizantha* (A. Rich) Stapf, cv. Insurgente, *Urochloa decumbens* Stapf, cv. Chontalpo o Señal y *Urochloa humidicola* (Rendle) Schweick cv. Chetumal (Cámara, 2018), materiales que fueron evaluados, además de Mulato II y GP1435. Es un grupo de plantas pratenses de origen africano, lugar donde se han explotado desde tiempo muy antiguos y donde se halla concentrado el germoplasma nativo más extenso y variado, dentro del género, se encuentran tanto especies usadas para la alimentación de rumiantes, así como especies que se consideran malezas (Cámara, 2018). El hábitat en que crecen estas especies son muy variados, se les encuentra en pantanos, bosques de sombra ligera y en áreas semidesérticas, aunque el ambiente típico de la mayoría de ellas son las sabanas tropicales. Muchas especies se encuentran también como malezas en los cultivos, a lo largo de los caminos y en sitios intervenidos (Cámara, 2018 y Arellano y Antonio, 2022). Al introducir una especie forrajera a un sistema de producción, se debe evaluar su comportamiento lo que permite, conocer la estacionalidad, disponibilidad y buscar estrategias de aprovechamiento en la producción animal (Torres et al., 2020). El manejo agronómico realizado en las praderas, definen el comportamiento de estas, por ello, es

capacidad de rebrote y persistencia de especies forrajeras en parcelas experimentales previas a su introducción, en una determinada región, es una práctica que puede generar recomendaciones más aceptadas para la elección de especies con mayor potencial por parte de los productores (Sosa et al., 2021). La época de sequía comprende los meses de marzo-mayo y en algunas ocasiones la primera quincena de junio, en esta época se presentan altas temperaturas, intensa radiación solar, baja precipitación pluvial que representa entre 9 y 14% del total anual (Olivera et al., 2006). Los pastos presentan limitado crecimiento debido a la falta de humedad, lo que resulta un limitado consumo de pasto para los animales, esto está en función de peso vivo total que se tengan por unidad de superficie (Garay, 2022). Mientras que en la temporada de lluvias es de junio a noviembre, donde el mes más lluvioso es septiembre (360.6 mm). Abarca de junio a octubre, aunque en algunas ocasiones y localidades, la segunda quincena de octubre puede considerarse entre la época de norte. Otra época climática es en los meses de noviembre a febrero, esta temporada se caracteriza por la alta nubosidad, baja temperaturas, escasas radiación y frecuentes y prolongadas precipitaciones, la lluvia que cae en estos meses es de 25 al 27% del total anual (Olivera et al., 2004).

Materiales y Métodos

Lugar del experimento

El Sitio Experimental Pecuario Pichucalco (INIFAP), se localiza en el Km.14.5 de la carretera Teapa-Pichucalco. La localización geográfica es latitud N 17° 40' y una longitud E 93° 06' a una altura que varía de 300 a 400 metros sobre el nivel del mar. Se caracteriza por tener una temperatura anual de 38 °C máxima, 28 °C media y 18 °C mínima, con precipitación pluvial de 3500 mm anuales. Dichas características encuadran dentro de la clasificación Af (m) W (i) g (Clima cálido húmedo con lluvias durante todo el año), de acuerdo con (De MacGregor et al., 2005).

Establecimiento de las parcelas y diseño experimental

Preparación del terreno. Se preparó una superficie de 50 m de largo y 25 m de ancho, para lo cual se aplicó herbicida sistémico para eliminar malezas emergidas a razón de 1.5 litros ha¹, para posteriormente trazar parcelas de 20 m², se sembraron cinco especies, La información se generó durante un año. Evaluación. Se consideraron para la evaluación cinco especies del género *Urochloa*: *U. decumbens*, *U. brizantha*, Mulato II, GP1435 y *U. humidicola*. Estas se repitieron en tres bloques con distribución de las especies forrajeras dentro de bloque completamente al azar, las especies contaban con cinco meses de establecidas, se iniciaron las evaluaciones en el mes de diciembre de 2018.

Variables a medir

Altura de la planta. Para esto se tomó la altura en tres cepas considerando la parte apical de la hoja central en la parte intermedia y como base el suelo. Esta determinación se efectuó cada siete días, hasta los 42 días donde se realizó un cote de uniformidad de las parcelas en todos los bloques, siempre considerando el cuadro de 50 x 50 cm (0.25 m²).

Producción de forraje de las especies. Se tomó muestra del forraje en un marco de 50 X 50 m (0.25 m²).

Análisis estadístico

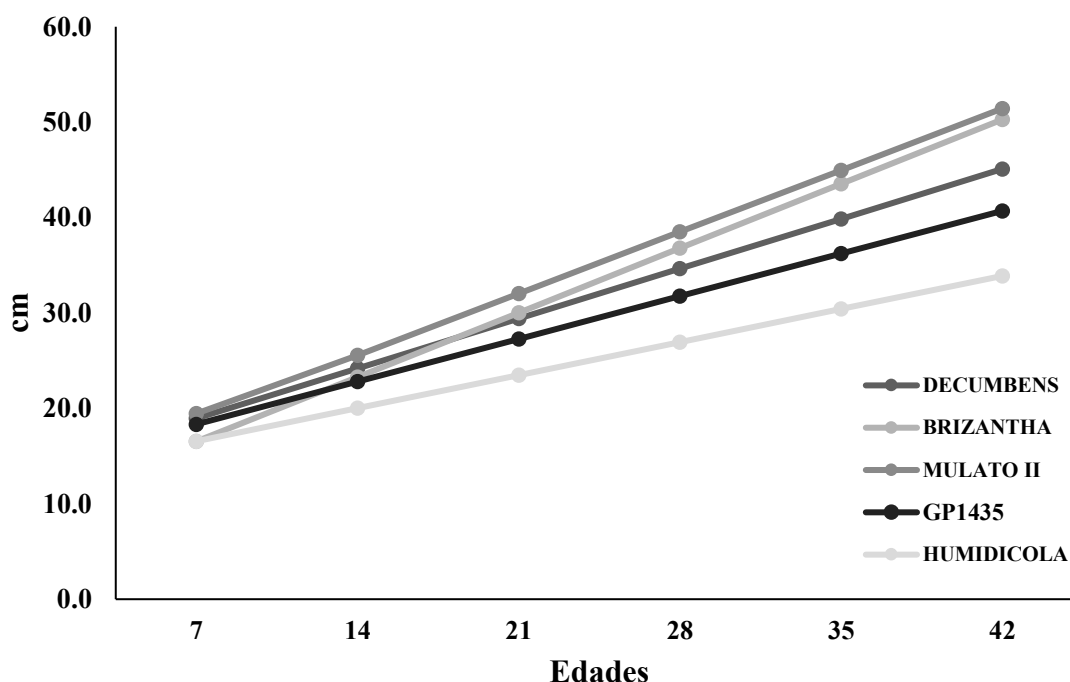
Las variables de respuesta se analizaron estadísticamente con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.0 (2002).

Resultados y Discusión

Al analizar la altura de los pastos evaluados del genero *Urochloa* en el transcurso de un año, se puede apreciar que la gramínea que tiene un crecimiento acelerado desde el inicio del rebrote y que sobresalió durante todo el año fue el híbrido Mulato II con 51.430 cm a los 42 días Tabla 1, quien supero en un 35% al pasto *U. humidicola* que fue quien tuvo la menor altura, cabe señalar que *U. brizantha* fue el pasto que inicia con crecimiento lento, pero que

a

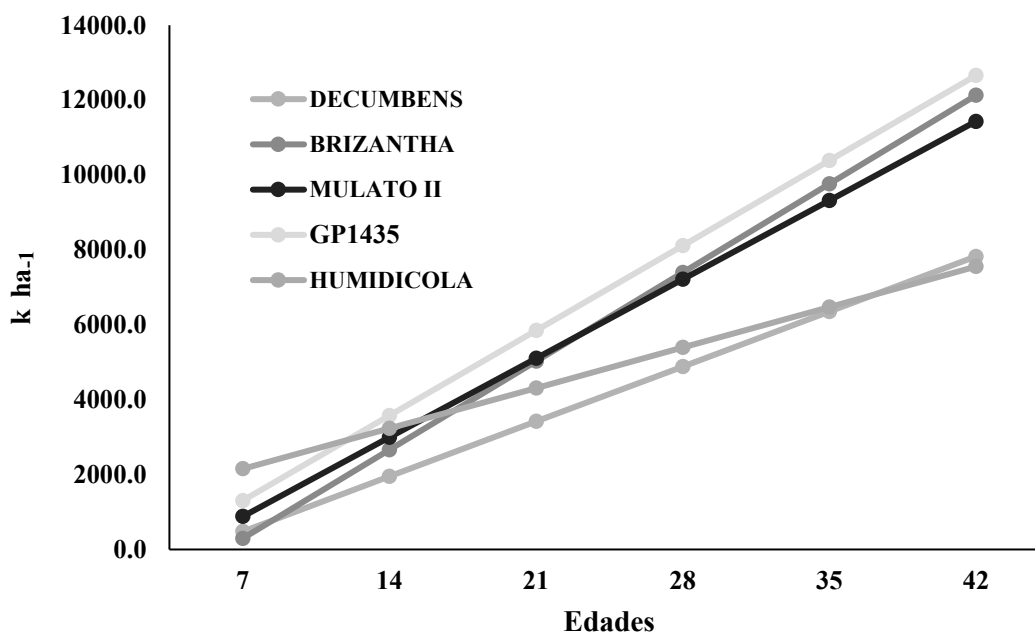
través del tiempo 21 días ya es el segundo lugar, lo que indica una rápida recuperación de tal manera que a los 42 días estuvo 3% por debajo del forraje sobresaliente (Grafica 1; Tabla 1). La altura de planta (cm) no presentó diferencias ($P \geq 0.05$) en los materiales de *Urochloa* estudiados. Mulato II mostró el valor mayor (51.43 cm) al ser comparada con *U. decumbens* y *U. brizantha* (45.09 y 50.27 cm, respectivamente), este resultado puede deberse al hábito de crecimiento de las diferentes especies. Las especies con crecimiento macollado suelen presentar mayor altura que las de crecimiento decumbente y estolonífero (Avellaneda et al., 2008). Estos datos concuerdan con Pérez et al., (1997), en lo referente al comportamiento de las diferentes especies de *Urochloa*, así como los reportados en el presente trabajo. Rincón (2011), trabajando con *U. decumbens* en las épocas de lluvia de los años 2009 y 2010, en altura de corte a 20 cm, este pasto desarrolló mayor rebrote a los 30 días después de realizado el corte, este comportamiento es similar a este trabajo. *U. brizantha* cv. Toledo presentó una mayor altura del rebrote después de 30 días de descanso, en el tratamiento de altura de corte de 30 cm, con 63.0 y 71.3 cm durante las épocas lluviosas de los años 2009 y 2010, respectivamente, este pasto fue superior al de este trabajo, se debe considerar la época del año. Las alturas promedio reportadas en este experimento son similares a las de González et al. (2020), quienes obtuvieron para el pasto Cayman una altura promedio de 93.5 cm de altura a los 84 días después de la siembra en el Valle del Cauca en Colombia (Wilson et al., 2021), indican aumento gradual de la altura de planta, con un rebrote a los 65 días con alturas promedio de 106, 105.7 y 99.7 cm, para los tratamientos con lombricomposta, composta y composta más lixiviado, respectivamente, en tanto que, el tratamiento químico presentó 142 cm de altura en la misma fecha. El manejo en la edad de corte, clima, suelo y fertilización determinan, probablemente, la variación de la altura en los pastos, en este caso del género *Urochloa*.



Gráfica 1. Altura de planta de cinco especies de *Urochloa* durante un año en el Sitio Experimental Pichucalco

En tanto que en la variable materia verde total el pasto que tuvo la mejor producción fue GP 1435, con una producción de 12654.78 kg de materia verde (Tabla 1) y que supero en un 49.158%, al pasto *U. humidicola*, cabe señalar que el GP 1435 obtuvo el cuarto lugar en altura, la buena respuesta a la producción se debe que se contaba con sombra, está documentado que los pastos talismán (GP 1435) se caracterizan por comportarse bien a la sombra, por otro lado el pasto Humidícola mostró lo difícil que fue para el adaptarse a las condiciones de lomerío. El *U. decumbens* mostro un desarrollo lineal en cuanto a su respuesta de producción de forrajes, pero modesto respecto al rendimiento de las especies contra quien se evaluó con 7824.32 siendo el cuarto lugar en la comparación (Grafica 2; Tabla 1). La producción de forrajes (kg MS ha⁻¹) no presentaron significancia ($p \geq 0.05$) para las cinco especies de *Urochloa* evaluados. El contenido de materia seca (%) del heno de pasto *U. brizantha* (90.42) fue mayor ($p > 0.05$) que la de Mulato (90.28), (Avellaneda et al., 2008). Los resultados anteriores pudieran deberse a las características propias de cada especie, pues el pasto Mulato

II presenta un crecimiento menor, pero una de sus características más destacables es su alto amacollamiento, el cual inicia pocas semanas después de la emergencia y le da ventajas durante el establecimiento (Ortega et al., 2015).



Gráfica 2. Producción de materia verde de cinco especies de *Urochloa* durante un año en el Sitio Experimental Pichucalco.

Wilson et al. (2017), trabajando en curvas de crecimiento de diferentes pastos forrajeros, comentan que el rendimiento mayor se obtiene en la sexta semana de rebrote, posteriormente disminuye, situación similar a la que se presentó en este trabajo a los 35 días promedio respecto a la producción. El mayor rendimiento reportado con una intensidad de 15 cm de remanente podría deberse a que el pasto verde se recupere con más facilidad. Rojas et al. (2018) indican que cosechar el pasto *U. brizantha* a los 35 días después del rebrote, a una intensidad a 15 cm en la época de seca ya que es cuando se alcanza la mayor cantidad de hoja y con adecuada calidad nutricional. Cuadrado et al., 2005, reportaron rendimiento, en pasto Mulato II, de 18.1 t MS ha⁻¹ año⁻¹, en condiciones de un suelo de aluvión sin fertilizar, para el presente trabajo los resultados que obtuvimos fueron menores (Gráfica 2) en un ecosistema de lomerío, el cual igualmente no fue fertilizado. Por su parte Espín (2012) reporta un

rendimiento con la misma especie 19.71 t de MS ha⁻¹, en la etapa de prefloración a 108 días de establecido, en la provincia de Bolívar. El pasto Cayman fertilizado con lombricomposta, a los 80 días de corte, presentó una acumulación de MS de 8,004 kg ha⁻¹ (Villegas et al., 2019). Espinoza et al. (2017) evaluaron varios pastos, incluido el *Urochloa* cv. Cayman en diferentes sitios de Venezuela, las tasas de crecimiento promedio de 83 kg de MS ha⁻¹, la cual es similar a las obtenidas en el tratamiento con composta, que fue de 109.5 kg de MS ha⁻¹.

Tabla 1. Altura de la planta y producción de materia verde de cinco especies de *Urochloa* durante un año en el Sitio Experimental Pichucalco.

Días	Especies				
	U. decumbens	U. brizantha	Mulato II	GP1435	U. humidicola
Altura (cm)					
7	18.949	16.538	19.458	18.333	16.555
14	24.178	23.286	25.55822	22.806	20.02
21	29.407	30.034	32.02622	27.279	23.485
28	34.636	36.782	38.49422	31.752	26.95
35	39.865	43.53	44.96222	36.225	30.415
42	45.094	50.278	51.43022	40.698	33.88
Materia verde (k ha ⁻¹)					
7	477.12	294.21	878.50	1304.63	2152.10
14	1946.56	2660.42	2989.00	3574.66	3232.20
21	3416.00	5026.63	5099.50	5844.69	4312.30
28	4885.44	7392.84	7210.00	8114.72	5392.40
35	6354.88	9759.05	9320.50	10384.75	6472.50
42	7824.32	12125.26	11431.00	12654.78	7552.60

Conclusiones

A pesar de no ser significativa, la altura mayor la obtuvo el pasto Mulato II iniciando con 19.45 cm a los siete días y terminando con 51.43 cm a los 42 días.

El pasto *Urochloa* híbrido GP1435 representa una opción en la región de lomerío en Pichucalco, Chiapas, ya que los rendimientos de materia verde por hectárea van desde los 1304.63 a los 12654.78 kg del día 7 al 42 respectivamente, superando en producción a Mulato II y *U. brizantha* a pesar de no ser significativas las diferencias.

Agradecimiento

A Semillas Papalotla S.A. de C.V. por el financiamiento parcial de este experimento.

Literatura citada

Arellano, G. y D. Antonio. 2022. Productividad de las principales especies gramíneas forrajeras mejoradas del trópico ecuatoriano en condiciones de secano. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de BABAHOYO. Los Ríos, Ecuador. 36p.

Avellaneda, C. J., F. Cabezas G., G. Quintana Z., R. Luna M., O. Montañez V., I. Espinoza G. et al. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. Rev. Cienc. Tecnol. 1(2), 87-94.

Cámara, A. J. 2018. Respuesta productiva del pasto *Urochloa* híbrido cv cobra a diferentes estrategias de manejo. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 86p.

Cuadrado, H. y G. J. Torrogrosa L. 2005. Producción de carne con machos de ceba en pastoreo del pasto híbrido Mulato y *B. decumbens* en el valle del Sinú. CORPOICA. Informe mimeografiado. 9 p.

De MacGregor, M. T. G. 2006. Las regiones climáticas de México. Instituto de Geografía. UNAM, México. Temas Selectos de Geografía de México. ISBN 970-32-2394-X. Investigaciones Geográficas, (59), 137-137.

Espín, G. E. 2012. Estudio del comportamiento agronómico del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido*) a la aplicación de programas de fertilización edáficos, en la zona de Echeandía, provincia de Bolívar. Tesis de Licenciatura. 37 p.

Espinoza, F. M. L. Gil J., C. Rey J., M. Lugo, J. Ron, M. Vergara, R. Marín E. y P. Herrera C. 2017 Establecimiento de tres cultivares y cuatro híbridos de gramíneas forrajeras en cuatro localidades de Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* 43: 25-35.

Garay, M. J. R., B. Estrada D., J. C. Martínez G., J. Cancino S., H. P. Guevara C. M. V. Acosta J. et al. 2022. Rendimiento y digestibilidad de forraje de cultivares de *Urochloa* spp. a tres edades de rebrote en épocas de lluvias y seca. Rev. Mex. Cienc. Pec. 13(1), 297-310.

Joaquin, C. S., B. M. Joaquin T., J. R. Garay M., Y. Bautista M., A. R. Rojas G., B. Estrada D. et al. 2019. Rendimiento de forraje y características estructurales de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente cosechado a diferente edad de rebrote. Ciencia e Innovación 2(1):311-328.

González, M. A., J. R. Garay M., B. Estrada D., Á. Bernal F., A. G. Limas M., y S. Joaquín C. 2020. Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa*. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 11(SPE24), 177-189.

Olivera, Y., R. Machado y P. del Pozo. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. Pastos y Forrajes 29(1).

Oliveira, D. R. D., D. Nepomuceno D., N. Castro R., R. Braz Filho and G. D. Carvalho M. 2017. Special metabolites isolated from *Urochloa humidicola* (Poaceae). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 89(02), 789-797.

Ortega, A. C. A., C. Lemus F., J. O. Bugarín P., G. Alejo S., A. Ramos Q., O. Grageola N. et al. 2015. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo



animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. Tropic. Subtropic. Agroecosyst. 18(3), 291-301

Ortega, M. M., A. M. Velásquez H., A. Ortiz A., L. F. Galeano V. y M. Medina S. 2021. Ajuste a un modelo matemático, comparación de las curvas de crecimiento y características morfológicas de cuatro *Urochloa* de una colección in vivo establecida en Antioquia, Colombia. RIVEPERU 32(5).

Pérez, S., M. Faria y B. Gonzáles. Evaluación agronómica de gramíneas forrajeras e Carora, estado Lara, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 16:621-636.

Pérez, J. A., E. Garcia, J. F. Enríquez, A. R. Quero, J. Pérez y A. Hernández. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria híbrido*, cv.). Téc. Pecu. Méx. 42(3), 447-458.

Pinzón, B. y E. Santamaría. 2005. Evaluación del pasto *Brachiaria* híbrido cv. Mulato en producción de carne. Instituto Panameño de Investigación Agropecuaria (IDIAP). Informe Mimeografiado.

Rincón, C. 2011. Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte Llanero de Colombia Corpoica. Cienc. Tecnol. Agropec. 2;107-112.

Rojas, G. A. R., D. A. Maldonado P., P. Sánchez S., A. García B., S. I. Mendoza P. et al. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* híbrido BR02/1794) a dos intensidades de corte. AgroProductividad 11(5);34-38.

SAS Institute Inc. 2002. Base SAS® 9.0 Procedures Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Sosa, M. E., S. I. Mendoza P., L. A. Huerta P., F. González C., M. Silva L. y J. R. Bárcena G. 2021. Composición nutricional de seis gramíneas tropicales del estado de Jalisco, México. Ecosistemas y Recursos Agropec. 8(II).

Suchini, R. E. 2015. Establecimiento y evaluación de parámetros productivos y agronómicos del pasto Cobra (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT BR02/1794) bajo condiciones del trópico seco. Tesis doctoral. Escuela Agrícola Panamericana.

Torres, S. N., V. M. Moctezuma, A. R. Rojas G., D. J. A. Maldonado P. A. Gómez V. y P. Sánchez S. 2020. Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de *Urochloa* y estrella pastoreados con bovinos. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 11(SPE24), 35-46.

Wilson, G.C.Y., A. Hernández G., M. E. Ortega C., C. López C., R. Bárcena G., J. L. Zaragoza R. et al. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el Valle de México. Rev. Fac. Cienc. Agrar. UNCuyo 49(2): 79-92.

Wilson, G. C. Y., N. E. López Z., S. I. Mendoza P. J. Ventura R., P. Álvarez V. y D. Roque. et al. 2021. Rendimiento del pasto Cayman (*Urochloa*) con fertilización química y orgánica. REVFITOMA, 44(4-A), 737-737.

CONSUMO DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA DURANTE LA LACTANCIA TEMPRANA EN OVEJAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE PLANTAS FORRAJERAS

Jorge Oliva-Hernández^{1*}, María Aurelia López-Herrera², Erika Belem Castillo-Linares¹, y Alejandra Vélez-Izquierdo³

Resumen

Durante las primeras dos semanas posparto las ovejas pierden peso, por lo que es importante estudiar alternativas de alimentación que permitan aumentar su consumo de alimento durante este período, con el fin de reducir la pérdida de peso. El objetivo del estudio consistió en determinar la influencia del follaje de plantas forrajeras y del número de día posparto sobre el consumo de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) durante los primeros 14 días posparto en ovejas de pelo. Se utilizaron 17 ovejas Blackbelly x Pelibuey en un diseño factorial con dos factores con medidas repetidas en un factor. Se consideraron como factores fijos el tipo de planta forrajera (TPF): leguminosa arbórea o gramínea, el número de día posparto (14 días) como medida repetida dentro de animal, y la interacción TPF x número de día posparto; y el animal, como un factor aleatorio. La unidad experimental fue la oveja. El TPF consideró tres tratamientos: T1-PP: *Pennisetum purpureum* más *Paspalum fasciculatum* sin follaje de leguminosa, T2-PG: *P. purpureum* más *Gliricida sepium* y T3-PE: *P. purpureum* más *Erythrina americana*. Todas las ovejas recibieron 0.5 kg de alimento comercial oveja día⁻¹. El TPF afectó los consumos totales de MS y PC, así como, los provenientes del follaje de leguminosa, $p < 0.05$ y $p < 0.001$, respectivamente. El número de día posparto influyó sobre los consumos totales de MS y PC, al igual que el derivado del follaje de leguminosa y *P. purpureum* ($p < 0.001$). La incorporación de *G. sepium* en la dieta de ovejas en lactación facilitó incrementar el consumo diario de MS y PC durante los primeros 14 días posparto. En

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Huimanguillo, Tabasco, México; ²Campo Experimental Mocochoá, INIFAP, Yucatán, México; ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Querétaro, México. *Autor de correspondencia: oliva.jorge@inifap.gob.mx

los primeros cuatro días posparto se detectó el menor consumo de MS y PC en las dietas estudiadas. Tanto *G. sepium* como *E. americana* son ingredientes que pueden formar parte de la dieta de ovejas durante su lactancia temprana.

Palabras clave: cocoíte, borrega, moté, posparto, trópico húmedo.

Introducción

La lactancia es la etapa fisiológica en donde las ovejas tienen la mayor demanda de nutrientes para apoyar la producción de leche (Chavez *et al.*, 1995; Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2021). Sin embargo, durante esta etapa las ovejas pierden peso debido a que sus requerimientos de nutrientes no son cubiertos a través del consumo voluntario de alimento (García-Orsorio *et al.*, 2017; Chay-Canul *et al.*, 2019). La magnitud de la pérdida de peso puede ser mayor en sistemas de producción que utilizan como base de la alimentación el pastoreo, debido al pobre contenido de energía metabolizable (Mcal kg de materia seca⁻¹) y proteína cruda que aportan los pastos en la región tropical (Enríquez *et al.*, 2011; Morales-Carrillo *et al.*, 2024). Además, el micro ambiente que impere durante las horas de pastoreo de las ovejas puede afectar negativamente la cantidad y calidad del pasto en la pradera, por ejemplo, una reducción en la disponibilidad de pasto en la pradera durante la sequía (Enríquez *et al.*, 2011).

Con respecto a la pérdida de peso de las ovejas en lactación, existen evidencias que indican que la principal reducción de peso ocurre durante las primeras dos semanas posparto (Carrillo-Morales *et al.*, 2024). Por lo que el manejo acertado de la alimentación durante este período es crucial y se debe favorecer al utilizar ingredientes en la dieta que permitan promover el consumo de alimento con el fin de minimizar la pérdida de peso de las ovejas (García-Orsorio *et al.*, 2017; Chay-Canul *et al.*, 2019).

El manejo de las ovejas y sus camadas en estabulación durante las primeras dos semanas es una alternativa que se ha sugerido para incrementar la supervivencia de la camada y mejorar la alimentación de las ovejas (Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2019). No obstante, este tipo de manejo requiere proporcionar alimento en comederos a las ovejas y sus camadas, siendo necesario

disponer de ingredientes factibles de utilizar y que estos incrementen las opciones de alimentación y faciliten proveer los nutrientes que requieren los animales.

Los follajes de algunas plantas forrajeras representan ingredientes con disponibilidad en la región tropical y pueden utilizarse como parte de la dieta de las ovejas en lactación. Al respecto los follajes de leguminosas arbóreas contienen una mayor concentración de proteína cruda (PC) con respecto a las gramíneas, circunstancia que los hace atractivos desde el punto de vista nutricional (Pinto *et al.*, 2003; Castillo-Linares *et al.*, 2021). *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* son leguminosas arbóreas que se localizan en los cercos vivos y distribuidos en el interior de praderas de unidades de producción ganadera de la región tropical, su uso como proveedores de follaje requiere de un manejo previo de poda de los árboles con el fin de facilitar la cosecha y uso del follaje como complemento alimenticio de los ovinos (Grande *et al.*, 2013; Oliva-Hernández *et al.*, 2021).

En este marco, el follaje de *G. sepium* y *E. americana* pueden ser una opción para usar como parte de la dieta de las ovejas en lactación debido a que son consumidas por los ovinos (Pinto *et al.*, 2003; Best *et al.*, 2017; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020). Con base en los antecedentes indicados previamente el objetivo del estudio consistió en determinar la influencia del follaje de *G. sepium* y *E. americana* y del número de día posparto sobre el consumo de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) durante los primeros 14 días posparto en ovejas de pelo.

Materiales y Métodos

Localización

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Ovina (UEO) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicada en Huimanguillo, Tabasco, México (17° 50'N, 93° 23' O). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) y temperatura ambiente media anual de 27.8 °C (INEGI, 2017).

Diseño experimental

Se utilizaron 17 ovejas Blackbelly x Pelibuey (primíparas $n=7$ y multíparas $n=10$) con un peso vivo de 37.2 ± 7.9 kg (media $\pm$ desviación estándar) en un diseño experimental factorial de dos factores con medidas repetidas en un factor (Cody & Smith, 1991). Se consideraron como efectos fijos el tipo de planta forrajera (TPF): leguminosa arbórea o gramínea, el número de día posparto (14 días) como medida repetida dentro de animal, la interacción TPF x número de día posparto, y el animal, como un factor aleatorio. La unidad experimental fue la oveja.

En el TPF se evaluaron tres tratamientos: T1-PP: Camerún (*Pennisetum purpureum* CV Camerún rojo) más camalote (*Paspalum fasciculatum*) sin follaje de leguminosa, T2-PG: Camerún más *G. sepium* y T3-PE: Camerún más *Erythrina americana*. Todas las ovejas recibieron 0.5 kg de alimento comercial (12% de PC) oveja día⁻¹. En cada uno de los tratamientos se incluyeron ovejas primíparas y multíparas con uno y dos corderos.

Alojamiento

Se utilizaron corrales individuales para proporcionar los tratamientos. Cada corral dispuso de una superficie útil de 3.0 m², piso de concreto, bebedero, comedero de plástico y techo de lámina de asbesto.

Tratamientos

A partir del parto las ovejas recibieron en forma individual 0.500 kg de alimento comercial (12% PC) día⁻¹ durante los primeros 14 días posparto (lactancia temprana), período durante el cual las ovejas permanecieron estabulados con su camada y recibieron *P. purpureum* más su tratamiento. Entre el parto y el día 14 posparto se registró diariamente la cantidad ofrecida y rechazada de *P. purpureum* y de la leguminosa arbórea en estudio. El consumo de cada componente del alimento se obtuvo por diferencia.

Manejo de los corderos

Durante los primeros 14 días de vida de los corderos se mantuvieron en estabulación con sus madres. Todos los corderos tuvieron acceso al alimento comercial (12 % PC) que se ofreció a su madre y a follaje de acuerdo al tratamiento de la oveja.

Colecta y características del follaje de *E. americana* y *G. sepium*.

Se utilizaron árboles de *G. sepium* y *E. americana* presentes en los cercos vivos de la UEO, los cuales de manera previa recibieron podas escalonadas para lograr uniformidad en la edad de rebrote del follaje y disponer de suficiente material durante la fase experimental con animales. El follaje se cosechó de árboles con edades de rebrote entre 90 y 120 días. La poda de los árboles se realizó con tijeras de podar. Una vez cortadas las ramas se procedió a separar el follaje de las mismas. El follaje incluyó hojas y peciolo.

Consumo de las dietas

En cada uno de los tratamientos en estudio se registró cada día la cantidad ofrecida y rechazada de materia verde de los follajes ofrecidos y alimento comercial. El consumo de cada uno de los ingredientes que conformaron la dieta se calculó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado. Al inicio del estudio (día 1 posparto) se ofrecieron dos kilogramos de materia verde oveja⁻¹ día⁻¹ de cada uno de los follajes que conformaron los tratamientos. En cada uno de los follajes se ajustó diariamente la cantidad ofrecida de acuerdo a la cantidad de rechazo, procurando que existiera al menos un 10 por ciento de rechazo de cada ingrediente.

Consumo de MS y PC

Se determinó la MS y PC en tres muestras de los follajes estudiados y alimento comercial (AOAC, 1999). El consumo diario de MS de cada ingrediente se calculó utilizando el consumo de la materia húmeda (en verde) y MS en cada ingrediente. El consumo total de MS día⁻¹ se determinó utilizando la fórmula: $\sum$ consumo de MS de los ingredientes ofrecidos.

El consumo diario de PC de cada ingrediente se calculó utilizando la fórmula: consumo de la MS de "X" ingrediente * valor de PC de "X" ingrediente. El consumo total de PC día⁻¹ se determinó utilizando la fórmula: $\sum$ consumo de PC de los ingredientes ofrecidos.

Variables respuesta: consumo diario de MS y PC de cada follaje en estudio, *P. purpureum* y alimento comercial, y consumo total día⁻¹ de MS y PC.

Análisis estadístico

Todos los análisis se efectuaron con el paquete estadístico SAS v 9.3 (SAS, 2002). Los datos

se

analizaron con el procedimiento MIXED. En los modelos finales, se excluyó la interacción TPF x número de día posparto debido a que no fue significativa ($P<0.05$). Las medias de cuadrados mínimos fueron calculadas y separadas usando la opción PDIFF. Los valores de las medias de cuadrados mínimos fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $P<0.05$.

Resultados y Discusión

Los valores promedio de MS y PC en los diferentes ingredientes utilizados en las dietas en estudio se presentan en el Cuadro 1. Las plantas forrajeras que tuvieron mayor contenido de MS fueron *G. sepium* y *P. fasciculatum*. El follaje de *G. sepium* y *E. americana* presentó mayor contenido de PC con relación a las dos gramíneas estudiadas, resultado que concuerda con lo indicado en otros estudios realizados en regiones con clima cálido húmedo (Enríquez *et al.*, 2011; Castillo-Linares *et al.*, 2021). El follaje de *G. sepium* contiene mayor contenido de PC con respecto a *E. americana*, situación que concuerda con lo indicado por Reyes y Jiménez (1998) durante la época se sequía.

Cuadro 1. Materia seca y proteína cruda en ingredientes utilizados para elaborar dietas para ovejas Blackbelly x Pelibuey en lactación

Ingrediente	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)
Gramínea		
<i>P. purpureum</i>	19.6	6.8
<i>Paspalum fasciculatum</i>	28.8	6.0
Leguminosa arbórea		
<i>Erythrina americana</i>	19.8	11.7
<i>Gliricidia sepium</i>	26.5	16.7
Alimento comercial	90.4	12.0

La interacción TPF x número de días posparto no resultó significativa en las variables respuesta estudiadas ($p>0.05$). El consumo de MS proveniente del follaje y el consumo total de MS fueron afectados por el TPF, $p<0.001$ y $p<0.05$ respectivamente. Las medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar (EE) en el consumo de MS (g día^{-1}) proveniente del follaje de *G. sepium*, *P. fasciculatum* y *E. americana* fueron: $481^a \pm 17$, $390^b \pm 18$ y $335^b \pm 18$, respectivamente. Mientras que los consumos totales de MS (g día^{-1}) en los tratamientos T2-PG, T1-PP y T3-EA fueron: $1221^a \pm 34$, $1122^{ab} \pm 37$ y $1076^b \pm 38$, respectivamente. Los consumos de MS de *P. purpureum* y del alimento comercial no fueron afectados por el TPF ($p>0.05$).

La inclusión de *G. sepium* en la dieta (T2-GS) favoreció un mayor consumo de MS aportada por el follaje de la leguminosa, el cual representó el 144% de la MS aportada por el follaje de *E. americana* y el 39.4% de la MS total. El consumo de MS total y el aportado por *G. sepium* fue menor al indicado en ovejas West African en lactación alimentadas con base en heno de *Cynodon nlemfuensis*, *G. sepium* en verde y sin alimento comercial (Yzaguirre y de Combellas, 2002). Las diferencias en consumo entre estudios pueden atribuirse en parte a la cantidad y calidad de las plantas forrajeras utilizadas, al ofrecimiento o no del alimento utilizado y a la etapa de la lactancia estudiada. El consumo total de MS día^{-1} de las ovejas fue menor al señalado en ovejas de pelo en lactación alimentadas con dietas que incluyen *G. sepium* o sin algún tipo de leguminosa arbórea (Chávez *et al.*, 1995; Yzaguirre y de Combellas, 2002).

El número de día posparto no influyó sobre el consumo de MS del alimento comercial ($p>0.05$). Sin embargo, el consumo de MS proveniente del follaje de leguminosa, *P. purpureum* y el consumo total de MS fueron afectados por el número de día posparto ($p<0.001$) (Figura 1 y 2). Los estudios efectuados en ovejas de pelo en lactación no indican el consumo de MS a través de la lactancia (Chávez *et al.*, 1995; Yzaguirre y de Combellas, 2002; Chay-Canul *et al.*, 2019). Sin embargo, con excepción del consumo de alimento comercial, los resultados del presente estudio indican que en los primeros cuatro días posparto se presenta un menor consumo diario de la MS total y de la MS proveniente de las leguminosas y gramínea estudiadas.

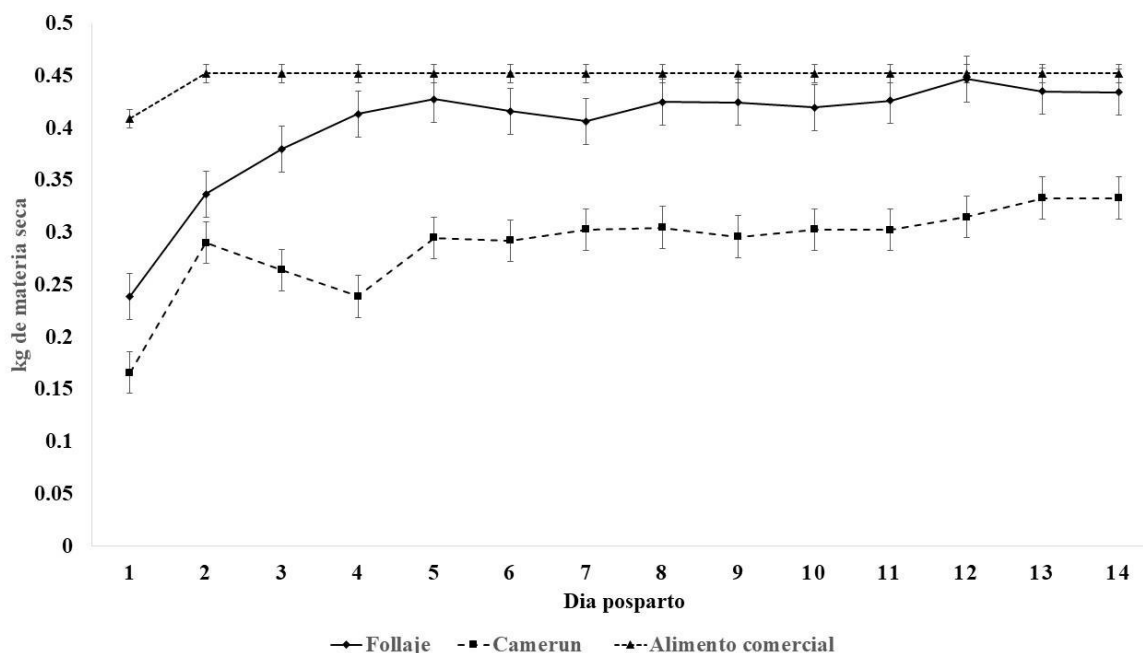


Figura 1. Influencia del día posparto sobre el consumo de materia seca proveniente de los tres ingredientes que conforman la dieta ofrecida a ovejas Blackbelly x Pelibuey durante la lactancia temprana. Follaje: promedio en el consumo de *E. americana*, *G. sepium*, *P. fasciculatum* ($P<0.001$); Camerún: *P. purpureum* ($p<0.001$); Alimento comercial ($p>0.05$).

El consumo de PC procedente del follaje de leguminosa y el consumo total de PC fueron influidos por el TPF ($p<0.001$). Las medias de cuadrados mínimos $\pm$ EE en los consumos de PC (g día^{-1}) derivados del follaje de *G. sepium*, *E. americana* y *P. fasciculatum* fueron: $80^a \pm 2$, $39^b \pm 2$ y $23^c \pm 2$, respectivamente. Entretanto los consumos totales de PC (g día^{-1}) en los tratamientos T2-PG, T3-EA y T1-PP fueron: $153^a \pm 3$, $113^b \pm 4$ y 97 ± 4 , respectivamente. Los consumos de PC de *P. purpureum* y del alimento comercial no fueron afectados por el TPF ($p>0.05$).

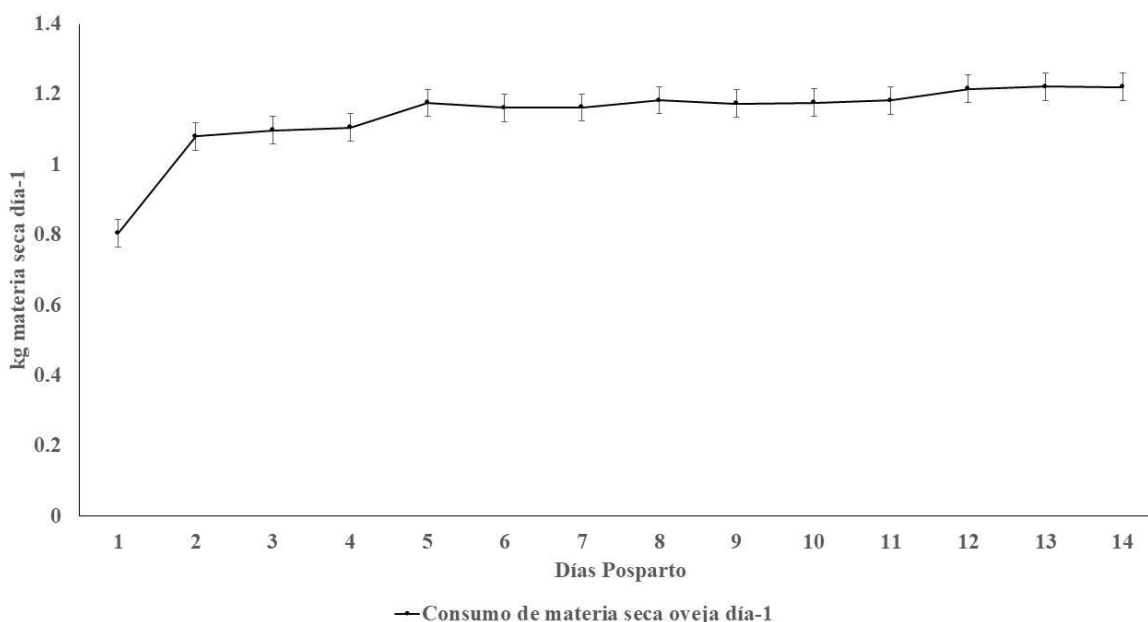


Figura 2. Influencia del día posparto sobre el consumo total de materia seca en ovejas Blackbelly x Pelibuey durante la lactancia temprana ($p < 0.001$).

El follaje de *G. sepium* presentó el mayor contenido de PC con respecto al resto de los ingredientes, circunstancia que favoreció que en la dieta T2-GS se presentara una mayor aportación de PC en el follaje, la cual representó el 205% de la PC proveniente del follaje de *E. americana* y el 52% de la PC total. Sin embargo, el consumo de PC total y el aportado por *G. sepium* fue menor al indicado en ovejas West African (Yzaguirre y de Combellas, 2002). Las diferencias en consumo de PC entre estudios pueden atribuirse a diferencias en la cantidad y calidad del follaje de *G. sepium* consumido por las ovejas. El consumo total de PC día⁻¹ de las ovejas fue menor al indicado en ovejas de pelo en lactación con dietas que incorporan *G. sepium* o sin algún tipo de follaje de leguminosa arbórea (Chávez *et al.*, 1995; Yzaguirre y de Combellas, 2002).

El número de día posparto no influyó sobre el consumo de PC del alimento comercial ($p > 0.05$). No obstante, el consumo de PC procedente del follaje de leguminosa, *P. purpureum* y el consumo total de PC fueron afectados por el número de día posparto ($p < 0.001$) (Figura

3 y

4). El consumo total de PC día⁻¹ y los consumos de PC día⁻¹ provenientes de los follajes en estudio y del *P. purpureum* tuvieron un comportamiento similar al registrado en los consumos de MS, en donde, el menor consumo de PC se presenta en los primeros cuatro días posparto.

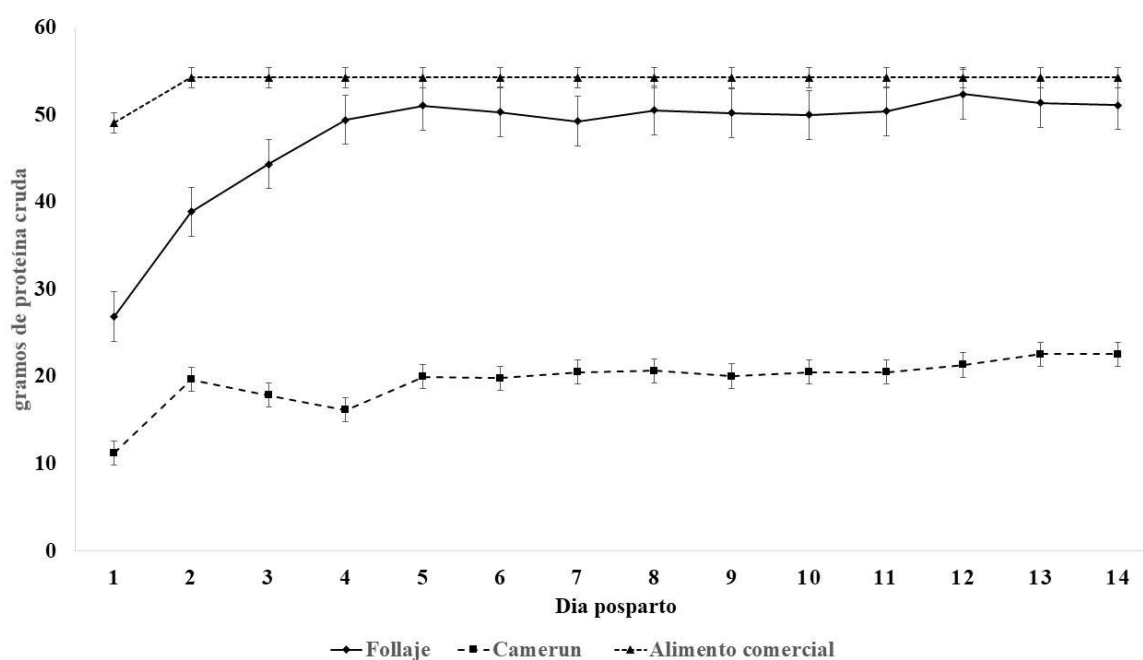


Figura 3. Influencia del día posparto sobre el consumo de proteína cruda en ovejas Blackbelly x Pelibuey durante la lactancia temprana. Follaje: promedio en el consumo de *E. americana*, *G. sepium*, *P. fasciculatum* ($p < 0.001$); Camerún: *P. purpureum* ($p < 0.001$); Alimento comercial ($p > 0.05$).

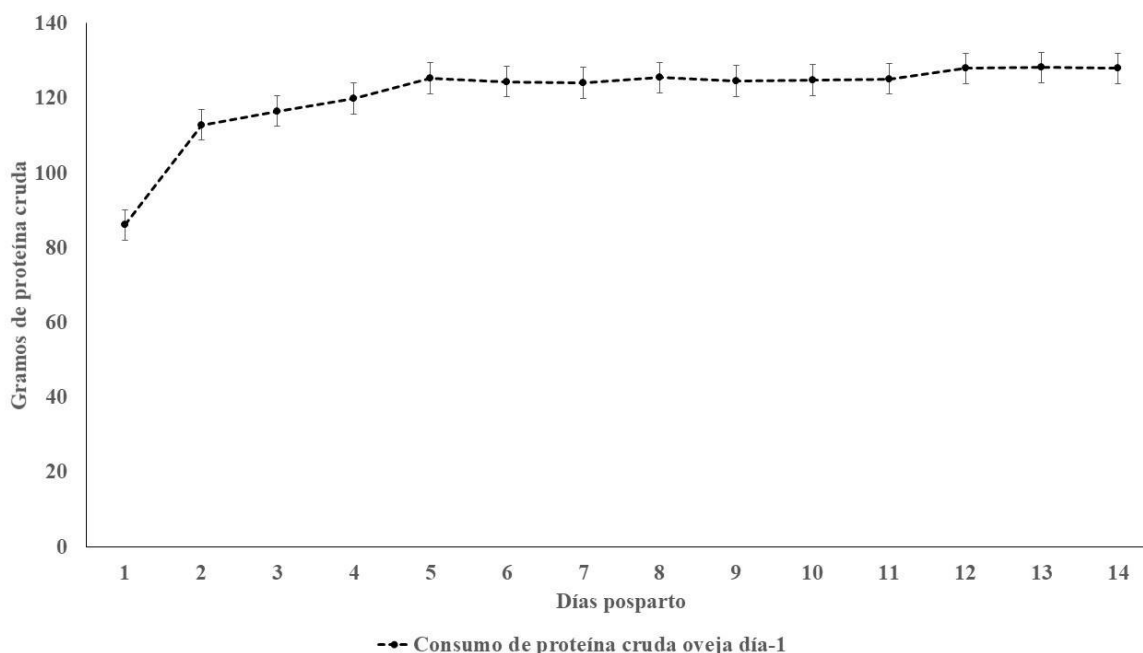


Figura 4. Influencia del día posparto sobre el consumo total de proteína cruda en ovejas Blackbelly x Pelibuey durante la lactancia temprana ($p < 0.001$).

Conclusiones

La incorporación de *G. sepium* en la dieta de ovejas en lactación facilitó incrementar el consumo diario de MS y PC durante los primeros 14 días posparto. En los primeros cuatro días posparto se detectó el menor consumo de MS y PC en las dietas estudiadas. Tanto *G. sepium* como *E. americana* son ingredientes que pueden formar parte de la dieta de ovejas durante su lactancia temprana.

Agradecimientos

El presente escrito forma parte del proyecto “Uso de follaje de *Erythrina americana* y *Gliricidia sepium* como complemento alimenticio de ovejas reproductoras en pastoreo” con clave SIGI: 1315835078

Literatura Citada

- AOAC (Official Methods of Analysis). 1999. Official Methods of Analysis (16th. ed). MD, USA: AOAC International. 1925p.
- Best, D. A., P. E. Lara-Lara, E. Aguilar-Urquiza, F. E. Cen-Chuc, J. C. Ku-Vera, y J. R. Sanginés-García. 2017. In vivo digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage of fodder trees in substitution for soybean meal. *Agroforestry Systems*. 91(6):1079-1085.
- Castillo-Linares, E. B., M. A. López-Herrera, A. Vélez-Izquierdo, y J. Oliva-Hernández. 2021. Sistema silvopastoril de cosecha y acarreo como alternativa para la producción ovina sostenible en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 12(66):4-25.
- Chávez R., G., A. F. Castellanos R., y P. A. Velázquez M. 1995. Producción de las ovejas Pelibuey pre y postparto alimentadas con diferentes aportes nutricionales. *Técnica Pecuaria en México*. 33(3): 183-195.
- Cody, R. P., and J. K. Smith. 1991. *Applied Statistics and the SAS programming language*. 3rd ed. New York, USA: Elsevier Science Publishing Co. Inc.
- Chay-Canul, A. J., R. A. García-Herrera, J. M. Magaña-Monforte, U. Macías-Cruz, y C. Luna-Palomera. 2019. Productividad de ovejas Pelibuey y Katahdin en el trópico húmedo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(16):159-165.
- Enríquez Q., J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A., y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Núm. 28. Medellín de Bravo, Ver., México. 404 p
- García-Orsorio, I. del C., J. Oliva-Hernández, M. M. Osorio-Arce, G. Torres-Hernández, J. A. Hinojosa-Cuéllar, y R. González-Garduño. 2017. Influencia materna en el crecimiento predestete y características de la canal de corderos de pelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4(10):51-63.
- Grande C., D., G. Villanueva L., N. M. Maldonado G., y S. Hernández D. 2013. Las cercas vivas. En: N. M. Maldonado G. (coordinador). *Los sistemas silvopastoriles en Tabasco. Una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza* (p. 23-39). Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Hernández-Espinoza, D. F., J. A. Ramos-Juárez, R. González-Garduño, L. C. Lagunes-Espinoza, M. A. López-Herrera, y J. Oliva-Hernández. 2020. Consumo de follaje de 'Erythrina americana' Miller en oveja s Blackbelly x Pelibuey. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(1):70-88.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., J. Oliva-Hernández, J. C. Segura-Correa, y G. Torres-Hernández. 2019. Importancia del peso de la oveja al parto en el comportamiento predestete de corderos Pelibuey. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 30(4):1569-1578

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. México: INEGI.

Morales-Carrillo B., E. B. Castillo-Linares, I. del C. García-Osorio, y J. Oliva-Hernández. 2024. Influence of lambing type on body weight changes and productive efficiency of Blackbelly x Pelibuey multiparous ewes in lactation. Technical note. Revista Científica, FCV-LUZ. XXXIV(2):[en prensa].

Oliva-Hernández, J., M. A. López-Herrera, y E. B. Castillo-Linares. 2021. Composición química y producción de follaje de *Erythrina americana* (Fabaceae) en cercos vivos durante dos épocas climáticas. Revista de Biología Tropical. 69(1):90-101.

Pinto, R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, V. H. Aguilar, I. Villalobos, J. Nahed, y J. Carmona. 2003. Preferencia ovina de árboles forrajeros del Centro de Chiapas, México. Pastos y Forrajes. 26(4):329-334.

Reyes, M. F., y F. G. Jiménez. 1998. Uso y valor nutritivo de árboles y arbustos con potencial forrajero en la región de la sierra, Tabasco, México. In: Sánchez D., D del C., R. Jiménez de los S., N. del C. López A. y E. Gómez M. (eds.). XI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 98. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 73-80.

Rodríguez-Álvarez, H. A., J. A. Hinojosa-Cuéllar, R. González-Garduño, J. Gallegos-Sánchez, M. Rubio-Rubio, E. M. Aranda-Ibáñez, J. Oliva-Hernández, and G. Torres-Hernández, G. 2021. Lactation curve, milk production of Pelibuey ewes and preweaning growth rate of the lambs. Agro Productividad, 14.

SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS User's Guide (Release 9.0). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.

Yzaguirre, L, y J. de Combellas. 2002. Suplementación de ovejas lactantes con *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*). Revista Científica XII-Suplemento 2: 545-547.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

José Juan Lira Amaya¹ y Roberto Omar Castañeda Arriola^{2, 3}Francisco Tobías Barradas Piña³.

El cultivo *in vitro* de *Babesia* spp. es una fuente para la obtención de antígeno e inmunógeno utilizado principalmente para diagnóstico y control de la babesiosis bovina. Desde el establecimiento del cultivo *in vitro* el medio de cultivo y los suplementos utilizados son de vital importancia; se ha demostrado que *B. bigemina* es una de las especies más difíciles de proliferar. Constantemente se está tratando de mejorar el cultivo para obtener material biológico de mayor calidad a un menor costo. En este estudio se reportó la proliferación de *B. bigemina* en un medio de cultivo libre de componentes de origen animal (VP-SFM) suplementado con cinco concentraciones diferentes de una mezcla lipídica químicamente definida. La mezcla lipídica a una concentración de 0.1 mg/L de ácido mirístico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido esteárico, 0.02 mg/L de ácido araquidónico y 2.2 mg/L de colesterol favoreció la proliferación de *B. bigemina* en el cultivo *in vitro*. Hubo una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$). En esta concentración de lípidos, el porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) aumentó desde 1% hasta el valor medio más alto de 11.35%. Otras concentraciones de tratamientos con mezclas de lípidos mostraron valores de PEP inferiores al 9.0%.

La adición de la mezcla de lípidos a una concentración definida un medio de cultivo sin componentes de origen animal estimuló la proliferación de *B. bigemina in vitro* y permitirá obtener mayor concentración en el sobrenadante del cultivo de moléculas propias del parásito durante el proceso de invasión al eritrocito; lo que facilitará la purificación e identificación de estas moléculas y disponer de una vacuna recombinante para el control de la babesiosis bovina.

Palabras clave: Babesiosis bovina, Vacuna, Diagnóstico

Introducción

La babesiosis bovina en México es causada por dos parásitos protozoarios *Babesia bovis* y *B. bigemina*, la primera es considerada como la más virulenta y frecuentemente causa la muerte de los bovinos (Bock et al., 2004;). La infección por *B. bigemina* generalmente es más benigna (Mc Cosker, 1981; Hunfeld et al., 2008). En México las garrapatas *Rhipicephalus microplus* y *R. annulatus* transmiten *B. bovis* y *B. bigemina*, que son las que mayores daños causan a la ganadería (Florín-Christensen et al., 2014). En México no existe ninguna vacuna comercial contra la babesiosis bovina, lo que constituye un serio problema en la salud de los bovinos en las regiones tropicales. Sin embargo, se dispone de la metodología del cultivo *in vitro* para la elaboración de un prototipo de inmunógeno y se ha logrado la atenuación de cepas derivadas de casos clínicos. Estas, usadas como inmunógenos han protegido a bovinos susceptibles confrontados con cepas virulentas de campo (Cantó et al., 2003; Rojas-Martínez et al., 2018b). También del sobrenadante del cultivo se han identificado y purificado proteínas propias del parásito con uso potencial para ser utilizadas como una vacuna recombinante, sin embargo, el proceso es de baja eficiencia y se refleja en un bajo nivel de eritrocitos parasitados y un reducido volumen de material en la cosecha. Desde el establecimiento del cultivo *in vitro* de *Babesia* spp. fue necesario suplementar el medio de cultivo basal con una alta concentración de suero de bovino (40%) (Vega et al., 1985); posteriormente se reportó por primera vez la eliminación del suero bovino del cultivo sustituyéndolo con insulina, transferrina, selenito y putrescina (Rojas-Martínez et al., 2018a).

esto

represento un gran logro que después de 30 años de su establecimiento *in vitro* se logró eliminar este vital suplemento. Sin embargo, aún se continúa utilizando componentes de origen animal y lo deseable es eliminarlos para así producir material biológico de mayor calidad a un menor costo. Por lo que es imprescindible buscar nuevas opciones para suplir los suplementos de origen animal esenciales para la proliferación de *B. bigemina in vitro*. El objetivo de esta investigación fue evaluar en la proliferación *in vitro* de *B. bigemina* una mezcla de lípidos químicamente definidos a diferente concentración como suplemento en un medio de cultivo libre de componentes de origen animal.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación.

El cultivo *in vitro* de *B. bigemina* fue realizado en el laboratorio de Babesiosis en el CENID-SAI del INIFAP en Jiutepec, Morelos.

Declaración de Ética.

Un bovino *Bos taurus* (Holstein Friesian) de cinco años de edad, fue utilizado como donador de eritrocitos para mantener el crecimiento *in vitro* de *B. bigemina* y su manipulación fue de acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=743>).

Obtención de eritrocitos y suero

Se extrajo sangre completa del bovino donador de la vena yugular; se desfibrinó con un matraz con perlas de vidrio y la sangre se centrifugó a 450 g durante 30 min a 4 °C; el suero se separó y los eritrocitos fueron suspendidos en solución modificada de Vega y Martínez (VyM-A) y se mantuvieron a 4 °C hasta su uso (Rojas-Martínez et al., 2016)

Medios de cultivo y suplementos.

Se utilizó el medio de cultivo VP-SFM (Gibco[®]) y se tamponó con 2-[(2-hidroxi-1,1-bis(hidroximetil)etil) amino]etanosulfónico, N -[Tris(hidroximetil)metil]-2-

aminoetanosulfónico (TES) (Sigma- Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). Se añadió una mezcla de antioxidantes (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.) (GIBCO[®]) y a 25 mM de L-glutamina. El pH se ajustó (6.8) y se esterilizó mediante filtración con una membrana de 0.22 µm (Millipore). El medio de cultivo fue suplementado con diferentes concentraciones de una mezcla de lípidos químicamente definidos y libre de componentes de origen animal (Cuadro 1).

Parásitos y cultivo *in vitro*

Se utilizó la cepa vacunal *B. bigemina* (Bbig-VP) mantenida en criopreservación y adaptada a proliferar previamente en el medio de cultivo VP-SFM. Los cultivos de *Babesia bigemina* se mantuvieron a 37 °C en una atmósfera saturada de 90% N₂, 5% CO₂ y 5% O₂ (Rojas et al., 2006). El medio de cultivo VP-SFM fue reemplazado cada 24 h para mantener el crecimiento de los parásitos.

Efecto de los lípidos sobre la proliferación *in vitro* de *B. bigemina*

Se evaluó el efecto de una mezcla de lípidos químicamente definida sobre el crecimiento de *B. bigemina*. El medio VP-SFM fue suplementado con cinco concentraciones diferentes de una mezcla de lípidos comercial para determinar la concentración óptima de la mezcla de lípidos para la proliferación de *B. bigemina* (Cuadro 1). Las diluciones de los lípidos se realizaron en medio VP-SFM.

Cuadro 1. Mezcla de lípidos a diferente concentración para evaluar en la proliferación de *B. bigemina*.

TRATAMIENTO	Concentración mezcla de lípidos (mg/mL)								
	Mirístico	Palmitico	Palmitoleico	Estearico	Oleico	Linoleico	Estearico	Araquidonico	Colesterol
I	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.04	4.4
II	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	2.2
III	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	1.1
IV	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.005	0.55
V	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0025	0.275
VI	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	0.22
Control VP-SFM	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Proliferación *in vitro* de *B. bigemina* en un biorreactor de perfusión

Babesia bigemina se cultivó con un medio VP-SFM suplementado con una mezcla de lípidos en una botella de cultivo de 75 cm². Brevemente, los parásitos recolectados de cada botella fueron transferidos a un sistema de biorreactor de perfusión (FiberCell[®] System, New Market, MD, EE. UU.) como se describió anteriormente (Rojas-Martínez., 2017) para la producción de parásitos a gran escala. Los biorreactores se mantuvieron a 37 °C bajo una atmósfera saturada de 90% N₂, 5% CO₂ y 5% O₂. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) inicial fue del 5% en un paquete de 10 mL de eritrocitos. Posteriormente, se agregaron 40 mL de eritrocitos no infectados y se mezclaron antes de introducirlos en el cartucho del biorreactor. El medio de cultivo fue impulsado por una bomba peristáltica para circular continuamente a través del sistema, y el medio se reemplazó cada 24 h con medio nuevo. La proliferación de parásitos se verificó a intervalos de 24 h y se realizaron subcultivos cada 24 a 48 h.

Análisis estadístico

Se utilizó una prueba t de Student para evaluar el cultivo continuo con el medio de cultivo VP-SFM (control) en comparación con VP-SFM suplementado con una mezcla de lípidos con diferente concentración.

Resultados y discusión

Efecto de la suplementación con lípidos químicamente definidos sobre la proliferación de *B. bigemina*

La proliferación de *B. bigemina* mejoró añadiendo una mezcla de lípidos químicamente definida. La suplementación del medio de cultivo VP-SFM con una mezcla lipídica a una concentración de 0.1 mg/L de ácido mirístico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido esteárico, 0.02 mg/L de ácido araquidónico y 2.2 mg/L de colesterol dio como resultado un incremento en la proliferación de *B. bigemina*

en

cultivo *in vitro*. Hubo una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$). En esta concentración de lípidos, el PEP aumentó desde 1.0 % hasta el valor medio más alto de 11.35%. Otras concentraciones de tratamientos con mezclas de lípidos mostraron valores de PEP inferiores al 9% (Figura 1).

El crecimiento continuo de *B. bigemina* en el medio VP-SFM suplementado con la mezcla de lípidos a una concentración óptima (tratamiento II) alcanzó un máximo PEP de 16.85% al día 19 vs 8.33 del medio de cultivo tradicional ADMEM/F12 (Fig 2). la suplementación de VP-SFM con una mezcla de lípidos mejoró el crecimiento de *B. bigemina*. No existe ningún informe que demuestre una combinación de medio de cultivo libre de componentes animales y lípidos para la proliferación de *Babesia* spp. u otros parásitos protozoarios. La mezcla de lípidos es una fuente de energía, componentes estructurales de las membranas celulares, sistemas de transporte y señalización (van der Valk et al. 2010). Previamente se ha sugerido que el metabolismo de los lípidos es vital en la replicación de patógenos (Ramakrishnan et al., 2013), así como necesario para la supervivencia de la etapa de merozoitos de *Plasmodium falciparum* durante la fase intraeritrocítica de la infección (Mi-Ichi et al., 2006). Se ha propuesto que se requiere la incorporación exógena de ácidos grasos para el crecimiento y maduración del parásito en la etapa de trofozoíto (Vial et al., 1982; Asahi et al., 2005). *P. falciparum* puede modificar y controlar la composición de fosfolípidos de la membrana de los eritrocitos y aumentar los niveles intracelulares de ácidos grasos, como el ácido oleico (Hsiao et al., 1991).

Sin embargo, se desconoce el mecanismo por el cual los parásitos adquieren los ácidos grasos (Gratraud et al., 2009). Además, *P. falciparum* es capaz de sintetizar pequeñas cantidades de ácidos grasos *de novo*; en el caso de *B. bovis* se ha reportado que carece de los mecanismos bioquímicos para sintetizar ácidos grasos *de novo* por lo que los obtienen del entorno externo (Brayton et al., 2007; Mi-Ichi et al., 2006). Otra especie, *Plasmodium knowlesi*, requiere grandes cantidades de fosfolípidos para su desarrollo. Sin embargo, estos parásitos no son capaces de producir esos lípidos *de novo*. Por lo tanto, las fuentes de esos lípidos provienen de la membrana de los eritrocitos o del medio externo (Vial et al., 1982).



Fig. 1. La gráfica representa la media de tres repeticiones del efecto de una mezcla de lípidos a diferente concentración en la proliferación de *B. bigemina* *in vitro*. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) se ajustó al 1% cuando el PEP alcanzó el 4%. Si el PEP era ≤ 1 , se realizaba un subcultivo 1:2. No se muestran las subcultivos.

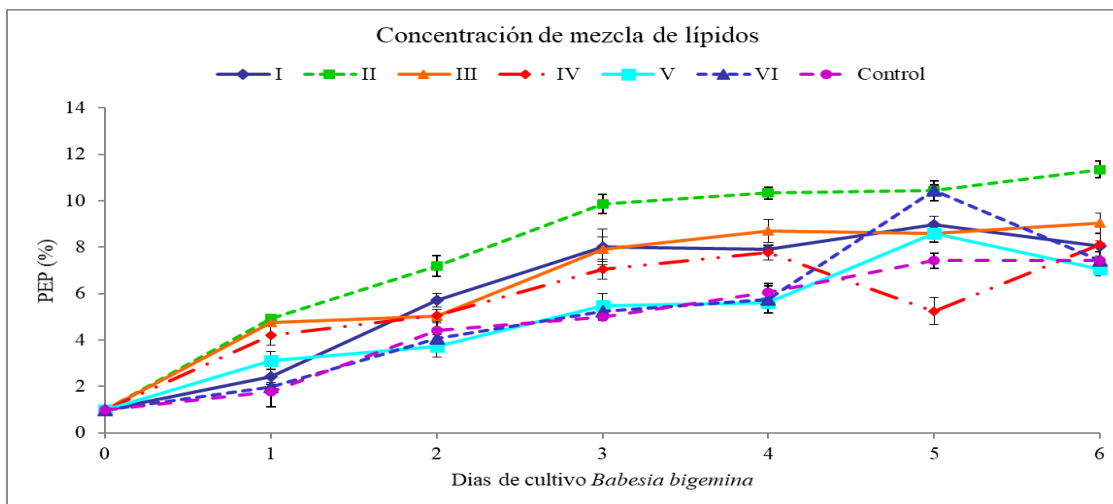
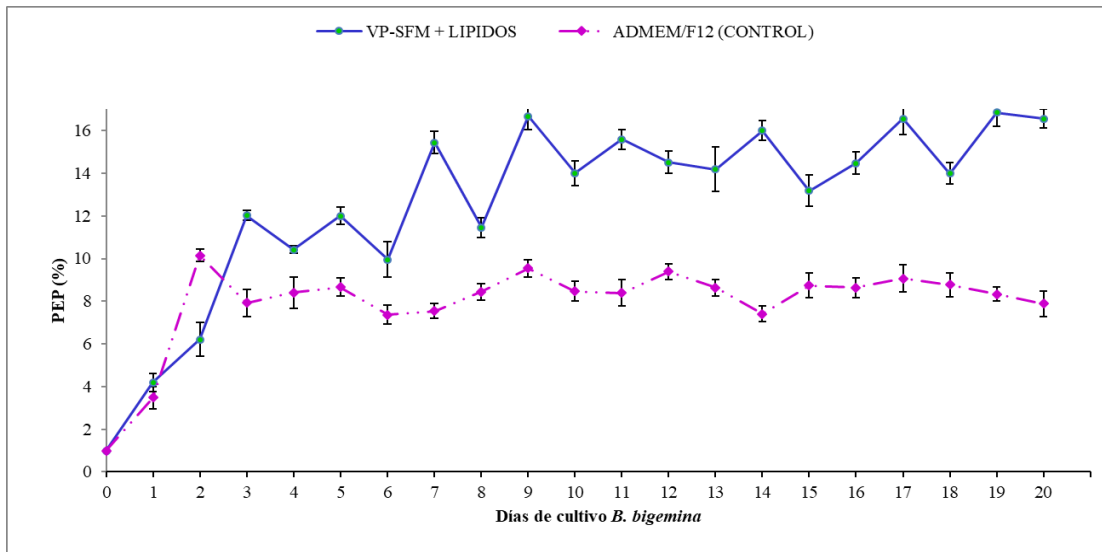


Fig. 2. La gráfica representa el promedio de tres repeticiones de la proliferación de *B. bigemina* en el medio de cultivo VP-SFM suplementado con la concentración óptima de una mezcla de lípidos vs ADMEM/F12 (medio de cultivo tradicional) sin suplemento de la

mezcla de lípidos. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) se ajustó al 1% cuando el PEP alcanzó el 4%. Si el PEP era ≤ 1 , se realizaba un subcultivo 1:2. No se muestran las subcultivos.

Proliferación *in vitro* de *B. bigemina* en un biorreactor de perfusión

La proliferación *in vitro* de *B. bigemina* utilizando un sistema de biorreactor de perfusión mostró una parasitemia del 29.63% utilizando el nuevo medio de cultivo VP-SFM suplementado con la concentración optima de la mezcla de lípidos. El crecimiento de *Babesia bigemina* utilizando ADMEM/F12 tuvo una parasitemia del 28.95%. No hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos ($p > 0.05$) (Fig 3). No se observaron cambios morfológicos detectables en frotis mediante microscopía óptica (Fig 4 A, B.). Con este ensayo se demostró que VP-SFM combinado con una mezcla de lípidos se logró una alta eficiencia de proliferación de *B. bigemina* en un biorreactor de perfusión; estos resultados fueron similares a los reportados previamente utilizando un medio de cultivo con componentes de origen animal (Rojas-Martínez et al., 2018).

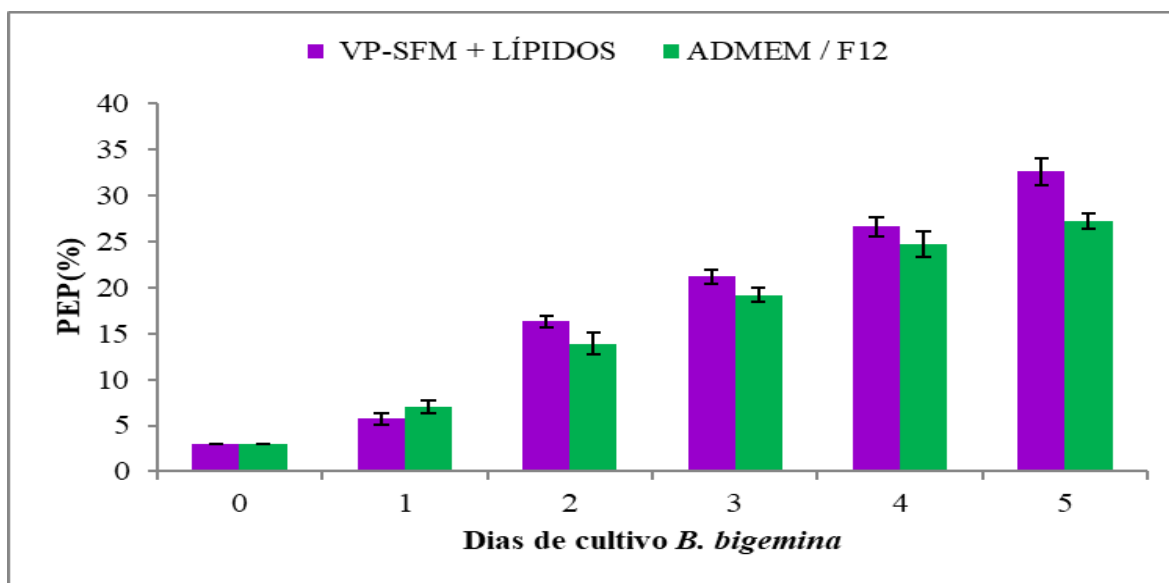


Fig. 3. Comparación de la proliferación de *B. bigemina* en un biorreactor de perfusión utilizando diferentes medios de cultivo VP-SFM + mezcla de lípidos a una concentración óptima vs medio tradicional ADMEM/F12.

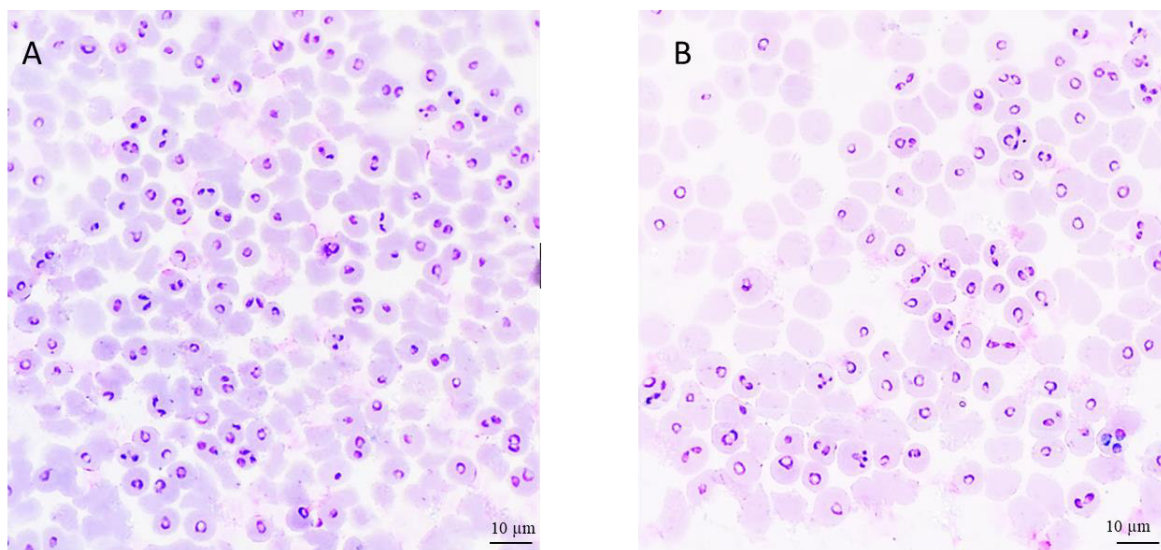


Fig. 4 *B. bigemina* proliferada *in vitro* en medio de cultivo VP-SFM + mezcla de lípidos (A) vs medio tradicional ADMEM/F12 (B) no mostraron cambios morfológicos detectables por microscopía óptica (B).

Conclusiones

En este estudio, demostramos que el medio VP-SFM, libre de componentes animales, suplementado con una mezcla de lípidos favoreció la proliferación de *B. bigemina* en un sistema de cultivo *in vitro*. La ausencia de componentes animales en el medio de cultivo es un método novedoso para mantener el crecimiento de *B. bigemina* en condiciones *in vitro*. Este método permitirá recolectar una gran cantidad de eritrocitos infectados con *B. bigemina* que pueden ser una excelente fuente de parásitos para el desarrollo de vacunas o para comprender los mecanismos y moléculas involucrados en la unión de los parásitos y la invasión de los eritrocitos. Se necesitan estudios futuros para evaluar el genoma y el transcriptoma de *B. bigemina* de estos parásitos adaptados al nuevo medio libre de componentes animales suplementado con una mezcla de lípidos.

Agradecimientos: Se agradece al INIFAP por el financiamiento del Proyecto fiscal registrado con el número SIGI 14354234751.

Literatura Citada

- Asahi H., Kanazawa T., Hirayama N., Kajihara Y. 2005. Investigating serum factors promoting erythrocytic growth of *Plasmodium falciparum*. Exp. Parasitol. 109:7-15.
- Bock R., Jackson L., De Vos A., Jorgensen W. 2004. Bovine babesiosis. Parasitology. 129:247-269.
- Brayton K., Lau A., Herndon D., Hannick L., Kappmeyer L., Berens S., Bidwell S., Brown W., Crabtree J., Fadrosch D., et al. 2007. Genome sequence of *Babesia bovis* and comparative analysis of apicomplexan hemoprotozoa. PLoS Pathog. 0: 1401–1413.
- Cantó, G.J., Rojas, E.E., Álvarez, J.A., Ramos, J.A., Mosqueda, G.J., Vega, C.A., Figueroa, J.V., 2003. Protección contra babesiosis con una vacuna mixta de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* derivada de cultivo *in vitro* bajo una confrontación de campo. II. Inmunización en un área endémica. Téc. Pecu. Méx. 41, 307-315.
- Florín-Christensen, M., Suarez, C.E., Rodriguez, A.E., Flores, D.A., Schnittger, L. 2014. Vaccines against bovine babesiosis: where we are now and possible roads ahead. Parasitol. 141, 1563–1592.
- Gratraud P., Huws E., Falkard B., Adjalley S., Fidock D.A., Berry L., Jacobs W.R., Jr., Baird M.S., Vial H., Kremer L. 2009. Oleic acid biosynthesis in *Plasmodium falciparum*: Characterization of the stearyl-CoA desaturase and investigation as a potential therapeutic target. PLoS ONE.
- Hsiao L.L., Howard R.J., Aikawa M., Taraschi T.F. 1991. Modification of host cell membrane lipid composition by the intra-erythrocytic human malaria parasite *Plasmodium falciparum*. Biochem. J. 274:121-132.
- Hunfeld, K.P., Hildebrandt, A., Gray, J.S. 2008. Babesiosis: recent insights into an ancient disease. Int J Parasitol. 38, 1219-1237.
- McCosker, P., 1981. The global importance of Babesiosis. In: Ristic, M., Kreier, J., editors. Babesiosis. New York: Academic Press; p. 1-24.

Mi-Ichi F., Kita K., Mitamura T. 2006. Intraerythrocytic *Plasmodium falciparum* utilize a broad range of serum-derived fatty acids with limited modification for their growth. Parasitology. 133:399-410.

Ramakrishnan S., Serricchio M., Striepen B., Bütikofer P. 2013. Lipid synthesis in protozoan parasites: A comparison between kinetoplastids and apicomplexans. Prog. Lipid. Res. 4:488-512.

Rojas Martínez C, Rodríguez-Vivas RI, Figueroa Millán JV, Acosta Viana KY, Gutiérrez Ruiz EJ, Álvarez Martínez JA. 2016. In vitro culture of *Babesia bovis* in a bovine serum-free culture medium supplemented with insulin, transferrin, and selenite. Exp. Parasitol. 170:214-219.

Rojas, C., Figueroa, J.V., Alvarado, A., Mejía, P., Mosqueda, J.J., Falcón, A., Vega, C.A., Álvarez, A. 2006. Bovine Babesiosis live vaccine production: Use of gamma irradiation on the substrate. Ann. NY Acad. Sci. 1081, 405-416.

Rojas-Martínez C, Rodríguez-Vivas RI, Figueroa Millán JV, Acosta Viana KY, Gutiérrez Ruíz EJ, Bautista-Garfias CR, Lira-Amaya JJ, Polanco-Martínez DJ, Álvarez Martínez JA. 2018. *Babesia bigemina*: Advances in continuous *in vitro* culture using serum-free medium supplemented with insulin, transferrin, selenite, and putrescine. Parasitol Int. 67(3):294-301.

van der Valk J., Brunner D., de Smet K., Fex Svenningsen A., Honegger P., Knudsen L.E., Lindl T., Noraberg J., Price A., Scarino M., et al. 2010. Optimization of chemically defined cell culture media replacing fetal bovine serum in mammalian in vitro. Toxicol. In Vitro. 24:1053–1063.

Vega, C.A., Buening, G.M, Green, T.J., Carson, C.A., 1985. *In vitro* cultivation of *Babesia bigemina*. Am. J. Vet. Res. 46, 416-420.

Vial H.J., Thuet M.J., Philippot J.R. 1982. Phospholipid biosynthesis in synchronous *Plasmodium falciparum* cultures. J. Protozool. 29:258-263.

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA HUMORAL Y REDUCCIÓN DE GARRAPATAS *Rhipicephalus microplus* EN BOVINOS INMUNIZADOS CON UN POLIPÉPTIDO DERIVADO DE RMS-17

Zuleima Alejandra Hernández López¹, Mauricio Eduardo Domínguez Méndez¹, Roberto Omar Castañeda Arriola^{*2}, Lorenzo Granados Zurita³, Rodolfo Esteban Lagunes Quintanilla⁴

Resumen

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inmunización de bovinos con el polipéptido de RmS-17 recombinante sobre la infestación de garrapatas de *Rhipicephalus microplus*. Los objetivos específicos fueron: Determinar la respuesta inmune humoral en los bovinos inmunizados con el polipéptido de Rms-17 recombinante; así como determinar el efecto del inmunógeno sobre el número de garrapatas repletas, peso de garrapatas repletas, oviposición, eclosión y la eficacia en general del inmunógeno. Se utilizaron 15 novillas raza Simbrah divididos en 3 grupos. Grupo 1, fue tratado únicamente con solución salina más adyuvante, se aplicaron 2 ml de adyuvante Montanide ISA 50, vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y 50). Grupo 2, se inmunizó con el antígeno comercial Bm86; se aplicaron 2 ml con 100 µg de la proteína Bm86 vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y 50). Grupo 3, fue inmunizado con un polipéptido derivado de la proteína RmS-17, se aplicaron 100 µg de proteínas recombinantes más adyuvante en un volumen final de 2 ml/dosis, vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y 50); Se tomaron muestras de sangre antes de cada inmunización y al término del experimento para medir la cinética de anticuerpos mediante la técnica de ELISA indirecto. Los niveles de anticuerpos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), a partir de la segunda semana de inmunización; mostrando el pico máximo de anticuerpos de la semana 6 a la 10; el comportamiento fue similar en ambos

¹ UNACH FMVZ CII-Extensión Pichucalco. ² INIFAP CIRGOC-Sitio Experimental Pichucalco.

³ INIFAP CIRGOC- Campo Experimental Huimanguillo. ⁴ INIFAP CENID-SAI.

castaneda.roberto@inifap.gob.mx

($p < 0.05$), mostrando un mayor nivel de anticuerpos en los animales inmunizados con pRmS-17, así como los inmunizados con Bm86 con respecto al grupo testigo. Sin embargo, no existe diferencia estadística entre grupos vacunados.

El polipéptido de RmS-17 produce una respuesta inmune protectora, reflejándose en la producción de anticuerpos y en la reducción del potencial biótico de las garrapatas *Rhipicephalus microplus*; obteniendo una efectividad general de la inmunización, del 70% contra un 67% del antígeno Bm86.

Palabras clave: Serología, vacunas recombinantes, ectoparásitos, polipéptidos.

Introducción

La garrapata común del ganado *Boophilus microplus*, reclasificada como *Rhipicephalus microplus*, es la especie de mayor importancia económica y sanitaria en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Una infestación elevada en los bovinos, se refleja en la disminución de la producción de carne y leche, daños en la piel, aumento en los costos por tratamientos e incremento en la transmisión de enfermedades como babesiosis (causada por los parásitos protozoarios *Babesia bigemina* y *B. bovis*) y anaplasmosis (causada por *Anaplasma marginale*) (Rodríguez- Vivas *et al.* 2017).

En el ganado lechero, las garrapatas provocan abscesos que lesionan y atrofia la glándula mamaria. Una garrapata succiona de 0.5 a 3 ml de sangre durante su vida parasítica, estimando que por cada hembra repleta de *R. microplus* se pierden 8.9 ml de leche (Nolan *et al.* 1989). Por otra parte, la irritación causada por la picadura tiene un efecto depresivo sobre la producción de carne, reduciendo la ganancia de peso de 0.28 a 0.8 kg. por garrapata/año en animales en crecimiento (Sutherst *et al.* 1983).

En el ganado de engorda, cada garrapata adulta ingurgitada ha demostrado reducir 0.6 g la ganancia de peso diaria, del cual el 65% se atribuye a la inapetencia inducida por la infestación del hospedador. Lew-Tabor *et al.* (2014), reportó que las infestaciones por garrapatas *R. microplus* en el mundo, ocasionan pérdidas económicas de 2.5 billones de dólares anuales. Para el caso de México, Rodríguez-Vivas *et al.* (2017), calculó pérdidas

anuales por 573 millones de dólares, reflejando el impacto que tiene la garrapata *R. microplus* en la producción bovina nacional.

El control de *R. microplus* se ha sustentado en el uso de productos químicos, sin embargo, se ha documentado la aparición de cepas resistentes a distintas familias químicas a nivel mundial. Por lo cual, se requieren nuevos métodos de control basados en enfoques sustentables. Por ende, el objetivo general del presente trabajo es evaluar el efecto de la inmunización de bovinos con el polipéptido de RmS-17 recombinante sobre la infestación de garrapatas de *Rhipicephalus microplus*. Por lo tanto, los objetivos específicos son los siguientes: Determinar la respuesta inmune humoral en los bovinos inmunizados con el polipéptido de Rms-17 recombinante; así como determinar el efecto del inmunógeno sobre el número de garrapatas repletas, peso de garrapatas repletas, oviposición, eclosión y la eficacia en general del inmunógeno.

En el ganado lechero, las garrapatas provocan abscesos que lesionan y atrofia la glándula mamaria. Una garrapata succiona de 0.5 a 3 ml de sangre durante su vida parasítica, estimando que por cada hembra repleta de *R. microplus* se pierden 8.9 ml de leche (Nolan *et al.* 1989). Por otra parte, la irritación causada por la picadura tiene un efecto depresivo sobre la producción de carne, reduciendo la ganancia de peso de 0.28 a 0.8 kg. por garrapata/año en animales en crecimiento (Sutherst *et al.* 1983).

En el ganado de engorda, cada garrapata adulta ingurgitada ha demostrado reducir 0.6 g la ganancia de peso diaria, del cual el 65% se atribuye a la inapetencia inducida por la infestación del hospedador. Lew-Tabor *et al.* (2014), reportó que las infestaciones por garrapatas *R. microplus* en el mundo, ocasionan pérdidas económicas de 2.5 billones de dólares anuales. Para el caso de México, Rodríguez-Vivas *et al.* (2017), calculó pérdidas anuales por 573 millones de dólares, reflejando el impacto que tiene la garrapata *R. microplus* en la producción bovina nacional.

El control de *R. microplus* se ha sustentado en el uso de productos químicos, sin embargo, se ha documentado la aparición de cepas resistentes a distintas familias químicas a nivel mundial. Por lo cual, se requieren nuevos métodos de control basados en enfoques sustentables. Por ende, el objetivo general del presente trabajo es evaluar el efecto de la

inmunización de bovinos con el polipéptido de RmS-17 recombinante sobre la infestación de garrapatas de *Rhipicephalus microplus*. Por lo tanto, los objetivos específicos son los siguientes: Determinar la respuesta inmune humoral en los bovinos inmunizados con el polipéptido de Rms-17 recombinante; así como determinar el efecto del inmunógeno sobre el número de garrapatas repletas, peso de garrapatas repletas, oviposición, eclosión y la eficacia en general del inmunógeno.

Materiales y Métodos

Área de estudio.

El estudio, se efectuó en el Sitio experimental Pichucalco; mismo que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Este se ubica en el km 8 de la carretera Pichucalco-Teapa, municipio de Pichucalco, Chiapas. Sus coordenadas geográficas son latitud 17.56542748698911 y longitud -93.06510977430858; el clima de la región es trópico húmedo.

Descripción de los objetos de estudio.

Se utilizaron 15 bovinos cruza *Bos taurus* x *Bos indicus* raza Simbrah sin antecedentes de haber sido infestados con garrapatas; los cuales permanecieron en los corrales del Sitio Experimental Pichucalco durante las inmunizaciones e infestaciones. La alimentación consistió en una dieta balanceada comercial, a base de sorgo, soya, minerales, melaza y fibra. El agua se proporcionó a libre acceso.

Quince días antes de comenzar la primera inmunización, los animales se bañaron con amitraz al 12.5% (Tactic, MSD Salud Animal®) a dosis de 5 litros de solución preparada por animal y se suplementaron con Multimin® 90 a base de zinc, manganeso, selenio y cobre.

Diseño de experimental

Los 15 animales fueron divididos en 3 grupos experimentales de 5 bovinos cada uno. El primer grupo, fue tratado únicamente con solución salina más adyuvante (grupo testigo), se aplicaron 2 ml de adyuvante Montanide ISA 50, vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y

50).

El segundo grupo se inmunizó con el antígeno comercial Bm86 (control +); se aplicaron 2 ml los cuales contenían 100 µg de la proteína Bm86 vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y 50). El tercer grupo fue inmunizado con un polipéptido derivado de la proteína RmS-17 se aplicaron 100 µg de proteínas recombinantes más adyuvante en un volumen final de 2 ml/dosis, vía subcutánea en 3 ocasiones (día 0, 30 y 50). La metodología empleada se sustentó en lo previamente reportado por Mendoza-Martínez *et al.*, (2021).

Metodología de campo

La totalidad de los semovientes empleados se infestaron a partir del día 50 del estudio, de manera artificial con 5,000 larvas de garrapatas *R. microplus* de 20 días de edad en 3 ocasiones por animal (día 50, 52, 55). Las garrapatas fueron colocadas en el dorso de cada animal y se monitorearon diariamente hasta finalizar su repleción; posteriormente, se colectaron de forma manual removiendo las garrapatas adultas ingurgitadas y se enviaron al laboratorio donde se pesaron y conservaron en recipientes de plástico dentro de una incubadora, a una temperatura y humedad de 27°C y 80% respectivamente, esto para permitir la oviposición y eclosión de los huevos a las 2 y 5 semanas después. Se empleó la metodología reportada previamente por Kumar *et al.*, (2012).

Se tomaron muestras sanguíneas (Cada 7 días) por venopunción coccígea utilizando equipo vacutainer (aguja, Holder y tubos sin anticoagulante) para su procesamiento, conservación y así evaluar la respuesta humoral mediante el análisis de los sueros obtenidos durante el período de estudio; esto con la finalidad de evaluar la cinética de anticuerpos mediante la prueba de ELISA indirecto.

Una vez tomadas las muestras sanguíneas se trasladaron al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Campus II, Extensión Pichucalco para su procesamiento y conservación. Brevemente, de cada animal se obtuvo una muestra de sangre (6 ml) mediante la punción de la vena coccígea con equipo vacutainer. Las muestras se mantuvieron en reposo durante 2 a 3 horas y fueron centrifugadas a 2000 g por 5 minutos para la obtención de los sueros. Los sueros se almacenaron en alícuotas de 1 ml a -20°C hasta su análisis mediante un ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA).

Metodología de laboratorio

Una vez procesadas todas las muestras, estas fueron trasladadas al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP; ubicado en Jiutepec, Morelos para su análisis serológico. La cinética de anticuerpos se determinó mediante ELISA indirecto tal cual se describe en Lagunes *et al.* (2016). Brevemente, se emplearon 0,1 µg de antígeno por pocillo para recubrir las placas ELISA durante la noche a 4 °C. Los pocillos se lavaron tres veces con PBS + interpolación al 0,05 % (PBS-T) y se bloquearon con leche desnatada al 5 % en PBS-T, incubándolos durante 1 hora a 37 °C. Después de tres lavados con PBS-T, las placas se incubaron con muestras de suero diluidas a 1:100 en PBS-T durante 1 hora a 37 °C. Luego, se incubaron con un conjugado de anti-IgG bovina a 1:2000 durante 1 hora a 37 °C. La reacción de color se desarrolló con 3,3', 5,5'-tetrametilbencidina y se leyeron las absorbancias a 405 nm en un lector de ELISA. Los niveles de anticuerpos fueron considerados positivos cuando el valor de la absorbancia fue de al menos dos veces el valor del suero preinmune.

Evaluación de parámetros en garrapatas *R. microplus*.

Los parámetros a evaluar fueron: a) El número de garrapatas hembras repletas, b) El peso de las garrapatas repletas, c) El peso de la masa de huevos, d) porcentaje de eclosión y e) eficacia de la inmunización. Los datos fueron evaluados de acuerdo con la metodología descrita por de la Fuente *et al.* (1999) de la siguiente forma:

Efecto sobre el número de hembras adultas (GA)= $100 [(1-NGV/NGC)]$, donde NGV es el número de garrapatas hembras adultas en el grupo vacunado y NGC es el número de garrapatas en el grupo testigo.

Efecto sobre el peso de hembras repletas (PG) = $100 [1-(PGV/PGC)]$, donde PGV es el promedio de peso de hembras adultas en el grupo vacunado y PGC es el promedio del peso de hembras adultas en el grupo testigo.

Efecto sobre la oviposición (PO) = $100 [1 - (POGV/POGC)]$, donde POGV es el promedio del peso de la masa de huevos en el grupo vacunado y POGC es el promedio del peso de la masa de huevos del grupo testigo.

Efecto sobre la eclosión (EF) = $100 [1 - (PPLOV/PPLOC)]$, donde PPLOV es el promedio del peso de larvas por gramo de huevos en el grupo vacunado y PPLOC es el promedio del peso de larvas por gramo de huevos en el grupo testigo.

Eficacia de la inmunización (E) = $100 [1 - (CRG \times CR0 \times CRF)]$, donde $CRG = NGV/NGC$

$CR0 = POGV/POGC$ y $CRF = PPLOV/PPLOC$, representan la reducción del número de garrapatas hembras adultas, la oviposición y la eclosión de huevos comparada con el grupo testigo respectivamente.

Variables a evaluar

- Evaluación de la cinética de producción de anticuerpos
- Reducción en el número de garrapatas repletas
- Reducción en el peso de garrapatas repletas
- Efecto sobre la oviposición
- Efecto sobre la eclosión
- Eficacia general

Análisis estadístico

Las diferencias entre grupos en los valores de la absorbancia de los sueros se evaluaron por medio de la prueba Kruskal-Wallis; las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p < 0.05$. Previamente, se analizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Ambas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico StatGraphics versión 18.1.08.

La evaluación del efecto de la inmunización sobre las diferencias entre grupos en cuanto al número de garrapatas, el peso de las garrapatas, la oviposición y la eclosión se analizaron por medio de la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$). Los resultados se presentan como promedio $\pm$ desviación estándar (DE). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p < 0.05$.

Resultados y Discusión

Los promedios semanales (0-18) de los valores de cada grupo experimental (pRmS-17, Bm86 y testigo) durante el periodo de estudio, se muestran en el cuadro número 1. Se puede observar que los valores de absorbancia del grupo vacunado con el antígeno pRmS-17; así como el grupo tratado con el antígeno comercial Bm86 lograron una notable y superior respuesta humoral en comparación al grupo testigo a lo largo del periodo de estudio; mostrando un comportamiento similar entre grupos vacúnales.

GRUPOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
RmS-17	0,49	1,03	1,87	1,61	1,46	2,70	3,12	3,21	3,30	3,23	3,03	2,83	2,01	2,03	1,56	1,44	1,28	1,33	1,32
Testigo	0,26	0,28	0,21	0,25	0,28	0,25	0,12	0,21	0,35	0,32	0,26	0,38	0,25	0,40	0,39	0,43	0,38	0,39	0,38
Bm86	0,29	1,06	1,14	1,67	1,31	2,18	3,83	3,97	3,96	3,90	3,90	2,60	2,40	2,00	1,91	1,78	1,37	1,54	1,45

Cuadro 1. Promedio del valor de absorbancia por grupo.

El análisis estadístico entre grupos de los valores de la absorbancia de los sueros, muestra que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos con el grupo control; sin embargo, no existe diferencia entre los grupos de vacuna experimental pRmS-17 y la vacuna comercial Bm86 (Cuadros 2 y 3). Lo cual indica que el pRmS-17 es una opción viable para inducir la respuesta inmune de los bovinos vacunados con este antígeno. Estudios a nivel mundial indican distintos niveles de resistencia por parte de las garrapatas a la mayoría de los productos químicos disponibles a nivel comercial para su control (Rodríguez-Vivas, 2018); incluso se ha observado que la vacuna comercial derivada de Bm86 ha presentado

baja eficiencia en países como Argentina o Brasil (García-García *et al* 2000, Pereira *et al*; 2008); ya que se han observado variaciones de secuencia en el locus Bm86, mostrando una tendencia en la correlación inversa entre la eficacia de la vacunación con Bm86 y las variaciones de secuencia en el locus Bm86. Por lo cual, el que el antígeno pRmS-17 muestre estos resultados lo convierte en un candidato prometedor para el control de estos ectoparásitos; así como, para las enfermedades que estos transmiten; ya que se requieren antígenos conservados, que no muestren la variabilidad que presenta el antígeno Bm86.

Cuadro 2. Prueba de Kruskal-Wallis para D.O. 405 nm por grupo.

GRUPO	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1 Rms-17	19	377.895
2 Testigo	19	104.737
3 Bm-86	19	387.368

Cuadro 3. Intervalos de confianza del 95.0%.

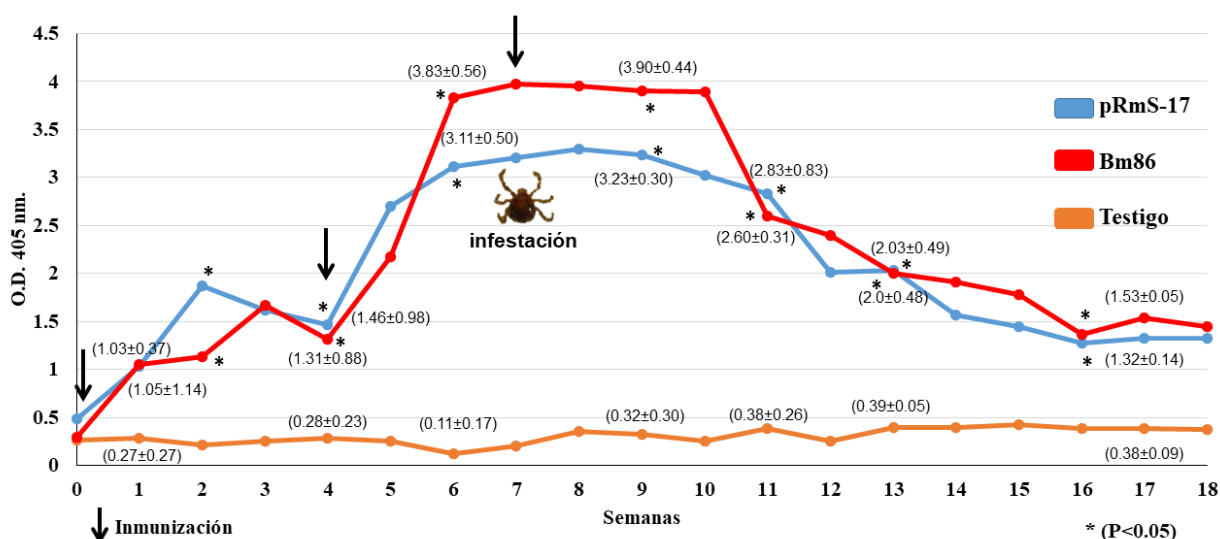
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1-2	*	273.158	12.892
1-3		-0.947368	12.892
2-3	*	-282.632	12.892

* indica una diferencia significativa.

En lo concerniente a la cinética humoral, se puede apreciar un aumento de los niveles de anticuerpos durante la semana 1 y 5 del estudio; lo cual coincide con las aplicaciones de refuerzo tanto de Bm86, como de pRmS-17; siguiendo un comportamiento similar entre ambos antígenos. Los niveles se mantienen en su nivel más alto entre la semana 6 y 10 del estudio en ambos grupos. A partir de la semana 11 hasta la 18 del estudio el descenso es gradual y constante (Figura 1). Esto implica un mayor seguimiento a lo largo del tiempo para evaluar la correlación del nivel de anticuerpos y la carga de endoparásitos en los bovinos. En un estudio similar que implicó la evaluación de la persistencia de anticuerpos vacúnales en ratones y bovinos inmunizados con Bm86, se demostró que estos permanecieron altos después de la primera inmunización hasta el día 56 en ratones y hasta el día 70 en bovinos (Cunha *et al*; 2012), mostrando similitud con el presente estudio. Es importante que los niveles se mantengan altos ya que de esto depende la eficacia de la vacuna.

Figura 1. Cinética humoral de los grupos en estudio.

En lo que respecta al efecto del antígeno sobre las garrapatas se pudo observar que los bovinos inmunizados con Bm86 y pRmS-17 mostraron una menor infestación que el grupo control mostrando diferencia significativa (* $P < 0.05$), lo cual se puede apreciar en el cuadro 4. Aunado a lo anterior, las garrapatas que se alimentaron de bovinos inmunizados con pRmS-17 tuvieron un menor peso que las del grupo testigo e incluso que las vacunadas con Bm86; situación similar aconteció al evaluar oviposición y eclosión ya que pRmS-17 mostró



valores inferiores a ambos grupos, demostrando mayor eficiencia en el control de los ectoparásitos. El global de esta evaluación le otorga un 70% en la eficacia general de la inmunización; superando a Bm86 y al grupo testigo.

Cuadro 4. Porcentajes de reducción de garrapatas *R. microplus* en bovinos inmunizados con el polipéptido recombinante RmS-17 y Bm86.

Grupo experimental	<i>Rhipicephalus microplus</i>				
	Porcentaje de reducción (antígeno/testigo)				E
	GA	PG	PO	EF	
pRmS-17	40%* (628±60)	5% (218±33)	28%* (245±30)	31%* (20±5)	70%
Bm86	51% (513±82)	0% (245±29)	26%* (254±46)	10% (27±4)	67%
Testigo	(1050±196)	(228±98)	(340±52)	(30±1)	---

El porcentaje de reducción fue calculado con respecto al grupo testigo: GA, efecto sobre el número de hembras repletas; PG, efecto sobre el peso de hembras repletas; PO, efecto sobre la oviposición; EF, efecto sobre la eclosión; E eficacia general de la inmunización. En paréntesis se muestra la media $\pm$ la desviación estándar por número de hembras repletas, peso, oviposición y eclosión.

* Señala diferencias significativas, según prueba de ANOVA ($p < 0.05$).

Con los resultados alcanzados en el presente estudio, el pRmS-17 muestra un efecto de protección sobre la infestación de garrapatas *R. microplus*, lo que significa que; los animales inmunizados desarrollaron anticuerpos contra el antígeno, disminuyendo la oviposición y eclosión. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas donde se han evaluado posibles candidatos a vacuna contra la garrapata *R. microplus* (Almazán *et al.*, 2010, Guerrero *et al.*, 2014, Lagunes *et al.*, 2016).

El pRmS-17 resulta de interés ya que se localiza en los tres órganos más importantes para el desarrollo de las garrapatas *R. microplus*, se menciona que las Serpinas localizadas en glándulas salivales y en intestino medio podrían desempeñar una función que genera un desequilibrio hemostático durante la hematofagia permitiendo la absorción de sangre y manteniéndola en un estado fluido en el sitio de alimentación y después de la ingestión; por lo tanto, resulta ser atractivo para el desarrollo de una vacuna contra garrapatas (Tirloni *et al.*, 56 2016).

La cinética de anticuerpos de los grupos inmunizados con pRmS-17 y Bm86 muestran una respuesta típica, es decir que incrementaron conforme se realizaban inmunizaciones (Jittapalapong *et al.*, 2010, Lagunes *et al.*, 2016, Martínez *et al.*, 2017). Esto sugiere que la cantidad de proteína necesaria para inducir una respuesta inmune protectora es indispensable para que aumente de manera sustancial. Lo anterior puede deberse a varios factores como el manejo de los inmunógenos, el adyuvante empleado y a la buena respuesta inmunitaria de los animales empleados en el experimento.

Conclusiones

Los niveles de anticuerpos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$), mostrando mayor nivel de anticuerpos en los animales inmunizados con Bm86. Sin embargo, los animales inmunizados con pRmS-17 mostraron niveles por arriba de 3 D.O. con respecto al grupo testigo. Ambos grupos experimentales mostraron cinéticas elevadas y duraderas durante todo el periodo experimental.

EL polipéptido de RmS-17 mostro una mayor eficiencia en el control de ectoparásitos; así lo demostró la eficacia general de la inmunización, obteniendo un 70% como resultado, a diferencia de 67% que obtuvo el antígeno Bm86.

Finalmente, se puede enunciar que el polipéptido de RmS-17 produce una respuesta inmune protectora, reflejándose en la producción de anticuerpos y en la reducción del potencial biótico de las garrapatas *Rhipicephalus microplus*.

Literatura Citada

- Barker, C., Murrell, A. (2004). Systematics and evolution of ticks with a list of valid genus and species names. *Parasitology*;129 Suppl:S15-36.
- Bedford, G. (1931). *Nuttalliella namaqua*, un nuevo género y especie de garrapata. *Parasitología* 23: 230–232.
- Canales, M., Almazán, C., Naranjo, V. *et al.* (2009). Vacunación con recombinante *Boophilus annulatus*: La proteína ortóloga Bm86, Ba86, protege al ganado contra *B. annulatus* y *B. microplus*. *BMC Biotechnol* 9: 29.
- Cossio, BR., Miranda, E., Kumar, S. (2023). Manual de laboratorio sobre *Rhipicephalus microplus* (E6 2PA). México: INIFAP.
- Coate, R., Alonso DMA., Martínez VM, Castro SE, Hernández OR., Lagunes QR. (2023). Prueba de la eficacia de un polipéptido conservado de la proteína Bm86 contra *Rhipicephalus microplus* en el trópico mexicano. *Vacunas*, (11)1267.
- Cunha RC, Pérez de León AA, Leite FP, Pinto S, Dos Santos Júnior AG, Andreotti R. Bovine immunoprotection against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* with recombinant Bm86-Campo Grande antigen. *Rev Bras Parasitol Vet* 2012;21(3):254-262.
- García-García JC, Montero C, Redondo M, Vargas M, Canales M, Boue O, Rodríguez M, Joglar M, Machado H, González IL, Valdés M, Méndez L, de la Fuente J (2000) Control of tick resistant to immunization with Bm86 in cattle vaccinated with the recombinant antigen Bm95 isolated from the cattle tick, *Boophilus microplus*. *Vaccine* 8:2275–2287
- Díaz, MAA., García, L., Galindo, V., Lezama, G., Sahagún, C, Rodríguez, V., Fragoso, S., (2007). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology* 147: 336-340.
- Jiménez, R., Ortega LJ., Martínez ASG., Rivas SB, Vázquez CJC. (2023). Proteína Bm86 y su potencial uso como vacuna contra garrapatas en el ganado bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (10)223.

Kumar, B., Murugan, K., Ray, D.D., Ghosh, S. (2012). Efficacy of rBm86 against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (IVRI-I line) and *Hyalomma anatolicum* (IVRI-II line) infestations on bovine calves. Parasitol. Res. 111, 629–635.

Lagunes R., Domínguez GD., Quiroz HM., Rosario CR. (2016). Potential effects on *Rhipicephalus microplus* tick larvae fed on calves immunized with a Subolesin peptide predicted by epitope analysis. Trop Biomed.

Márquez D.(2023). Nuevas tendencias para el control de los parásitos de bovinos en Colombia. Una estrategia sostenible para el siglo XXI. CORPOICA.

Martínez MNT., Hernández OR., Valdez EUM., Castro SE., Aguilar DH., Lagunes QRE. (2020). Análisis molecular de un polipéptido de la proteína RmS-17 para el desarrollo de un antígeno vacunal contra garrapatas *Rhipicephalus microplus* en México. Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios, 7(3), 1–10.

Mendoza-Martínez N, Alonso-Díaz MA, Merino O, Fernández-Salas A, Lagunes-Quintanilla RE. (2021). Protective efficacy of the peptide Subolesin antigen against the cattle tick *Rhipicephalus microplus* under natural infestation. Veterinary Parasitology 299.

Pereira MC, Labruna MB, Szabó MPJ, Klafke GM (2008) *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: biologia, controle e resistencia. In: Editora Med Vet, Sao Paulo, Brasil.

Polanco E., Ríos O. (2016). Efecto de los factores abióticos y morfología de diferentes pastos en el comportamiento de *Rhipicephalus microplus* en la zona centro de Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana.

Merino CJO., Gómez RN., B MI., Lagunes QRE. (2019). Análisis in silico del gen subolesina como posible vacuna contra garrapatas *Rhipicephalus microplus*. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 6(16), 129-136.

Rodriguez-Vivas RI, Nicholas NJ, Chandra B. (2018). S strategies for the control of *Rhipicephalus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. Parasitol Res 117;3-29.

SENASICA,2020. Garrapata *Boophilus* spp. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/campana-nacional-para-el-control-de-la-garrapata-boophilus-spp>

SENASICA-SADER, 2023. Situación actual Campaña Nacional para el control de la garrapata *Boophilus* spp. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-garrapata-boophilus>. SENASICA, 2013. Control de la garrapata. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/agricultura/%7Cveracruz/articulos/capacita-sagarpa-para-el-control-de-la-garrapata>.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre mediciones por ultrasonido (USM) y la composición tisular de canales de corderas Katahdin. Los animales fueron sacrificados de acuerdo con las normas oficiales mexicanas y se registró el peso de la canal, después la canal fue dividida en dos partes iguales y refrigeradas a 6°C por 24 horas. La media canal izquierda fue disecada en músculo, grasa y hueso. El espesor de la grasa subcutánea y la profundidad, amplitud y el área del músculo *Longissimus thoracis* fueron determinadas 24 horas antes del sacrificio utilizando un equipo de ultrasonido Modo B (Pie Medical® 100) equipado con una sonda de 6/8 MHz, las USM se realizaron entre la 12ª y 13ª vertebra torácica. Adicionalmente se determinó el espesor de la grasa renal (uEGR). El PV osciló entre 40.25 y 65.23 kg, mientras que el PCF vario de 18.20 a 28.59 kg. El uEGR osciló entre 0.32 y 0.57 cm. Los tejidos de la canal no se relacionaron ($P>0.05$) con los parámetros del músculo *Longissimus thoracis* (PLT, ALT y el AMLT). Solamente el EGS presento una relación baja con el MTC ($r=0.40$, $P<0.05$), así mismo, el uEGR presento una asociación

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, CP 86280, Villahermosa, Tabasco, México.

²Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Conkal, CP 97345, Yucatán, México. E-mail:alfonso.chay@ujat.mx

moderada con el MTC y GTC ($0.66 \leq r \leq 0.69$, $P < 0.001$). El espesor de la grasa subcutánea y de la grasa renal fueron las mediciones por ultrasonido que más relación presentaron con los tejidos de canales de corderas Katahdin.

Palabras clave: corderas Katahdin, composición de la canal, ultrasonido,

Introducción

El uso de mediciones *in vivo* por medio ultrasonido puede contribuir a mejorar la exactitud y la precisión en la predicción de las características de la canal en ovinos. Así como también puede ayudar a los programas de selección y a los sistemas de apoyo a la toma de decisiones a determinar el peso óptimo de los animales al sacrificio para obtener canales con características específicas para diferentes mercados (Camacho-Pérez et al., 2023, Muñoz-Osorio et al., 2024). Además, permite conocer los diferentes tejidos de la canal de los animales de granja y lo más destacable, es que es una técnica no invasiva (Gastelum-Delago et al., 2024).

Algunos estudios en ovejas de la raza Pelibuey, han utilizado al ultrasonido como una herramienta para predecir las características de la canal (Aguilar-Hernández et al., 2016; Chay-Canul et al., 2019). Esto como una alternativa al método de disección total de la canal (Aguilar-Hernández *et al* 2016; Chay-Canul et al., 2019). Recientemente, Camacho-Pérez et al. (2023) en corderos de la raza Black Belly evaluaron mediciones de ultrasonido *in vivo* y modelos de aprendizaje automático para estimar el total de hueso, grasa y músculo de la canal. Estos autores concluyen que los métodos de aprendizaje automático a partir de mediciones de ultrasonidos *in vivo* pueden utilizarse como predictores de la composición tisular de la canal, dando lugar a resultados fiables. También Muñoz-Osorio et al. (2024) en corderas de la raza Black Belly estimaron la composición tisular de la canal mediante mediciones ecográficas en tiempo real del grosor de la grasa y los parámetros del músculo *longissimus thoracis* (LT) mediante algoritmos de regresión adaptativa multivariante

multirrespuesta (MARS). Estos autores concluyen que el algoritmo MARS proporciona un medio preciso y preciso y eficaz para estimar el TCF, el TCB y el TCM utilizando mediciones por ultrasonido.

En este sentido, otra raza de pelo que ha tenido cada vez más participación en la ovinocultura nacional es la raza Katahdin tanto como raza pura como con sus diversos esquemas de cruce (Robles-Jiménez et al., 2022). Sin embargo, existen en la literatura existen pocos estudios que evalúen las características y composición tisular de la canal de animales de la raza Katahdin. Por ello, el objetivo de presente trabajo será evaluar la relación entre la composición tisular de la canal y medidas por ultrasonido realizadas *in vivo* de corderas Katahdin.

Materials y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Integración Ovina del Sureste (CIOS) localizado en R/a Alvarado Santa Irene 2da Sección, en el municipio de Centro, Tabasco, México. El clima se clasifica como trópico húmedo, con temperaturas anuales en promedio de 26°C. Se utilizaron 25 corderas Kathdin de entre 8 y 10 meses de edad, con un peso vivo (PV) promedio de 46.19±6.03 kg, las cuales fueron adquiridos de una granja comercial del estado de Tabasco. Las corderas se mantenían estabuladas y alimentadas con concentrado comercial (proteína cruda de 15% y 12 MJ de energía metabolizable) y forraje, procurando una proporción de 80 y 20%, respectivamente. Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las normas mexicanas vigentes, antes del sacrificio se registró el PV de los animales. Después del sacrificio, la canal se pesó y luego se enfrió por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal se dividió a por la línea media dorsal y fue pesada nuevamente. La media canal izquierda fue disecada en músculo, grasa y hueso, y cada tejido

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) being handled by a person. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image is a close-up of cocoa pods being handled by a person. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting.

Cuadro 1. Valores promedio, máximos y mínimos del peso vivo, mediciones por ultrasonido y tejidos de la canal en corderas Katahdin (n=25)

Variable	Descripción	Media $\pm$ DE	CV	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	46.19 $\pm$ 6.03	13.05	40.25	65.23
PCF	Peso de la canal fría (kg)	22.17 $\pm$ 3.06	13.81	18.20	28.59
PLT	Profundidad del <i>l. thoracis</i> (cm)	1.64 $\pm$ 0.53	32.07	0.09	2.21
ALT	Amplitud del <i>l. thoracis</i> (cm)	2.79 $\pm$ 0.57	20.52	1.94	3.74
AMLT	Area del <i>l. thoracis</i> (cm ²)	3.53 $\pm$ 1.07	30.36	1.92	5.66
EGS	Espesor de la grasa subcutánea (cm)	0.26 $\pm$ 0.08	30.24	0.12	0.48
uEGR	Espesor de la grasa renal (cm)	0.45 $\pm$ 0.07	14.98	0.32	0.57
MTC	Musculo total de la canal (kg)	11.65 $\pm$ 1.50	12.84	9.21	14.81
HTC	Hueso total de La canal (HTC)	4.36 $\pm$ 0.45	10.23	3.22	5.31
GTC	Grasa total de la canal (GTC)	6.16 $\pm$ 1.44	23.37	4.18	8.47

DE: desviación estándar.

En cuanto a los coeficientes de correlación (Cuadro 2), los tejidos de la canal no se relacionaron ($P > 0.05$) con PLT, ALT y el AMLT. Solamente EGS presentó una relación baja con el MTC ($r = 0.40$, $P < 0.05$). No obstante, el uEGR presentó una asociación moderada con el MTC y GTC ($0.66 \leq r \leq 0.69$, $P < 0.001$).

Discusión

Recientemente, Fan et al., (2022) evaluaron al ultrasonido como un método “*in vivo*” no invasivo para predecir las características de la canal en ovinos de la raza Tan de seis meses de edad. Estos autores concluyen que las mediciones por ultrasonido tienen un gran potencial para ser aplicado a la evaluación de canales de estos ovinos. También, Van Der Merwe et al., (2022) al monitorear el espesor de la grasa subcutánea (EGS) y del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LM) en corderos en crecimiento de seis razas por medio de ultrasonografía, encontraron correlaciones de moderadas a buenas para el aumento en la EGS con el peso ($r = 0.48-0.72$) o la edad ($r = 0.53-0.78$).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre mediciones por ultrasonido y tejidos de la canal en corderas Katahdin.

	PV	PCF	PLT	ALT	AMLT	EGS	uEGR	MTC	HTC	GTC
PV	1.00									
PCF	0.82	1.00								
PLT	0.03ns	0.04ns	1.00							
ALT	-0.19ns	-0.06ns	0.46	1.00						
AMLT	-0.02ns	0.08ns	0.65	0.88	1.00					
EGS	0.21ns	0.37ns	-0.22ns	-0.34ns	-0.30ns	1.00				
uEGR	0.58	0.67	-0.02ns	-0.06ns	0.06ns	0.13ns	1.00			
MTC	0.81	0.96	0.06ns	-0.12ns	0.03ns	0.40	0.66	1.00		
HTC	0.50	0.69	0.17ns	0.23ns	0.30ns	0.28ns	0.24ns	0.63	1.00	
GTC	0.76	0.94	-0.02ns	-0.08ns	0.04ns	0.28ns	0.69	0.83	0.53	1.00

ns= no significativo

López (2023) en corderas Black Belly al evaluar la relación entre la composición tisular y medidas por ultrasonido observó que la profundidad y el área del musculo *L. toracis* solo se relacionaron ($P < 0.05$) con el peso de la grasa, mientras que la amplitud del musculo *L. dorsi* y los pesos de los tejidos presentaron una r que osciló de 0.30 a 0.77 ($P < 0.05$) para el músculo y hueso respectivamente. Lo anterior difiere a nuestros resultados en corderas Katahdin, ya que ningún parámetro del musculo *L. toracis* se relacionó con los tejidos de la canal. También, Blanco (2021) en corderos Black Belly observó que solamente el área del músculo *L. toracis* presentó una relación moderada ($P < 0.05$) con el peso del músculo y el hueso de la canal. Lo que difiere a lo encontrado en el presente estudio, ya que el área del músculo *L. toracis* no presentó relación con ninguno de los tejidos de la canal. También Gomez-Vazquez et al., (2023). Reportaron que los tejidos de la canal se correlacionaron con la profundidad del músculo *L. dorsi* ($p \leq 0.05$; r entre 0.67 y 0.80) de canales de corderos “Blackbelly”, lo que difiere a lo encontrado en el presente estudio

Sahin et al (2008) también concluyen que es importante evaluar esta herramienta en razas criollas para desarrollar modelos predictivos acordes a estas razas. Por lo tanto, se deben desarrollar ecuaciones de predicción para cada raza, según el sistema de producción utilizado, y evaluar la herramienta en las principales razas ovinas de pelo criadas en regiones tropicales, ya que representan los recursos genéticos más importantes para la producción de carne en esas regiones.

Conclusión

Los tejidos de la canal no se relacionaron ($P > 0.05$) con los parámetros del músculo *Longissimus thoracis* (PLT, ALT y el AMLT). Solamente el EGS presento una relación baja con el MTC ($r = 0.40$, $P < 0.05$), así mismo, el uEGR presento una asociación moderada con el MTC y GTC ($0.66 \leq r \leq 0.69$, $P < 0.001$). El espesor de la grasa subcutánea y de la grasa renal fueron las mediciones por ultrasonido que más relación presentaron con los tejidos de canales de corderas Katahdin.

Gastelum-Delgado, M. Á., R. Salazar-Cuytun., M. A. Ramirez-Bautista., G. Antonio-Molina., J. F. Orzuna-Orzuna., R. A. Garcia-Herrera and A. J. Chay-Canul. 2024. Predicting body fat depots in Katahdin sheep using ultrasound kidney fat thickness measurements. *Small Ruminant Research*, 231, 107183.

Gómez-Vázquez, A., D. A. Dzib-Cauich., S. López-Durán., G. A. Muñoz-Osorio., F. E. Miccoli., J. R. Canul-Solis., L. E. Castillo-Sanchez and A. J. Chay-Canul. 2022. Prediction of the carcass tissue composition of “Blackbelly” lambs using *in vivo* and *postmortem* measurements. *Rev MVZ Cordoba*. 2022; 27(Supl):e2933.

Lopez, A. A. S. 2023. Correlación entre variables *ante mortem* y características de la canal en corderas Black Belly. Tesis de licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Muñoz-Osorio, G. A., C. Tirink., T. L. Tyasi., M. A. Ramirez-Bautista., A. A. Cruz-Tamayo., D. A. Dzib-Cauich., and A. J. Chay-Canul. 2024. Using fat thickness and longissimus thoracis traits real-time ultrasound measurements in Black Belly ewe lambs to predict carcass tissue composition through multiresponse multivariate adaptive regression splines algorithm. *Meat Science*, 207, 109369.

Robles Jiménez, L. E., J. A. Partida de la Peña., M. E. Arechavaleta-Velasco and I. A. Domínguez-Vara. 2022. Correlación entre variables ante mortem y post mortem en canales de ovinos producidos en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(1), 115-126.

Sahin, E. H., M. Yardimci., I. S. Cetingul., I. Bayram and E. Sengor. 2008. The use of ultrasound to predict the carcass composition of live Akkaraman lambs. *Meat Science*. 79: 716-721.

SAS 9.3 Software. 2010. Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

RELACIÓN ENTRE EL ÁREA DORSAL Y EL PESO VIVO EN OVINOS DE PELO

Juan Carlos García Cruz¹, Miguel Á. Gastelum-Delgado¹, Ignacio Vázquez -Martínez, Darwin Nicolas Arcos Álvarez², Jesús Alberto Mezo-Solis², José Herrera Camacho³ y A. J. Chay-Canul^{1*}

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el peso vivo (PV) y el área dorsal (AD) en ovinos de pelo criados en el sureste de México. En 275 ovinos machos de entre 3 y 9 meses de edad se midieron el PV ($27,56 \pm 5,86$ kg), el ancho de cadera (AC), el ancho torácico (AT) y la longitud corporal (LC). El AD (m^2) se calculó a partir de las fórmulas matemáticas para el cálculo del área de un trapecio, teniendo en cuenta AC, AT y LC en el cálculo. Se utilizaron modelos de correlación y regresión para evaluar la relación entre PV y AD. El coeficiente de correlación (r) entre PV y AD fue de 0.79 ($P < 0,001$). El modelo ajustado fue $PV \text{ (kg)} = 7.89 (\pm 0.94*) + 0.02 (\pm 0.001*) \times AD$, $r^2: 0,63$, $CME=12.88$, $RCCME= 3.59$, $P < 0.0001$, $n=275$). En ovinos de pelo criados en el sureste de México, existe una moderada relación entre PV y AD. La desviación estándar residual fue de 13% del PV medio. El AD estuvo moderadamente correlacionada ($r = 0.79$, $P < 0,001$) con el PV de las ovejas de pelo criadas en condiciones tropicales húmedas. La DA puede ser un predictor moderado del PV en ovinos de pelo.

Palabras clave: Peso corporal; mediciones biométricas; ovinos de pelo; trópico húmedo; modelos matemáticos

Introducción

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México. ² Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Conkal, CP 97345, Yucatán, México.

³ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarimbaro, Michoacán, México. Email: alfonso.chay@ujat.mx

En términos de manejo, la medición del PV es importante en el diseño de programas de nutrición y salud animal (Sabbioni et al., 2020). En ovinos de pelo, el uso de mediciones biométricas (MBs) ha permitido determinar el grado de asociación de una determinada medida corporal con algunos caracteres de interés productivo, como la estimación del peso del tejido de la canal (Bautista-Díaz et al., 2017; 2020), el peso vivo (Chay-Canul et al., 2019; Canul-Solís et al., 2020), y el índice de masa corporal (Salazar-Cuytún et al. 2020).

Por otro lado, el uso de cámaras tridimensionales para predecir el PV en vacas lecheras mediante la medición del ancho del tórax (AT), ancho de cadera (AC) y la longitud corporal (LC) fue reportado por Martins et al. (2020). De forma similar, Shalaldeh et al. (2023) al utilizar tomografía computarizada para determinar la composición corporal y métodos de regresión multivariante, redes neuronales artificiales (RNA) y árboles de regresión (TR) para predecir la composición corporal, reportaron que el AT y la AC se incluyeron con el PV en modelos para predecir el peso muscular, grasa y óseo en ovejas Coopworth. Recientemente, Gómez -Vázquez et al. (2024) evaluaron la relación entre el PV y el AD en búfalos de agua (*Bubalus bubalis*), estos autores concluyeron que el PV y AD estuvieron altamente correlacionados (0.96; $P < 0.001$) y que el AD es un buen predictor del BW en búfalas. Sin embrago, hasta el dónde sabemos, no existe algún estudio que evalúe la relación entre el área dorsal y el peso vivo en ovinos de pelo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el peso vivo y el área dorsal en ovinos de pelo.

Materiales y métodos

Los animales fueron tratados de acuerdo con las Normas Éticas para la Investigación Animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (CIEI: Folio 1173-2022). El experimento se llevó a cabo en el Centro de Integración Ovina del Sureste (CIOS, 17°78'N, 92°96'W"; 10 msnm). Se encuentra en R/a Alvarado Santa Irene 2da Secc, municipio de Centro, Tabasco, México. Tiene un clima tropical

húmedo. Las temperaturas oscilan entre 15 y 44°C, con un promedio de 26°C. Se registró el peso corporal (PV) de 275 corderos de pelo (27.56 ± 5.86 kg), el ancho de cadera (AC), ancho de tórax (AT) y el largo del cuerpo (LC). Los corderos estaban clínicamente sanos y tenían entre 6 y 9 meses de edad. El AC, AT y el LC se midió utilizando una cinta métrica flexible de fibra de vidrio (Truper®) y una forcípula de 65 cm según lo descrito por Salazar-Cuytun et al. (2022). El peso corporal se registró utilizando una báscula digital con una capacidad de 100 kg y una precisión de 5 g.

El AD (m²) se calculó de acuerdo con las fórmulas matemáticas para calcular el área de un trapecio como describen Gómez-Vázquez et al. (2024), considerando el ancho de cadera, ancho de tórax y el largo del cuerpo en el cálculo. El área dorsal (m²) se calculó de la siguiente manera:

$$\text{área del trapecio (m}^2\text{)} = (\text{base menor} + \text{base mayor}) / 2 \times \text{Altura}$$

$$\text{área dorsal de las búfalas (m}^2\text{)} = (\text{ancho de tórax} + \text{ancho de cadera}) / 2 \times \text{largo del cuerpo}$$

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el PROC MEANS del SAS (2010). Para evaluar la relación entre el PV y el AD se utilizó un análisis de correlación de Pearson utilizando el PROC CORR del programa estadístico SAS y modelos de regresión lineal simple utilizando el PROC REG del programa estadístico SAS. La bondad de ajuste del modelo de regresión se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R²), el error cuadrático medio (MSE) y la raíz del MSE (RMSE).

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los valores medios ($\pm$ DE), mínimos y máximos de PV y AD en ovinos de pelo. La correlación entre el PV y la AD fue de 0.79 ($P < 0.001$). La ecuación fue la siguiente $PV \text{ (kg)} = 7.89 (\pm 0.94^*) + 0.02 (\pm 0.001^*) \times AD$, $r^2: 0.63$, $CME=12.88$, $RCCME=3.59$, $P < 0.0001$, $n=275$). La desviación estándar residual fue igual al 13% del PV medio (Figura 1).

Cuadro 1. Valores mínimo y máximo del peso vivo (PV) y el área dorsal (AD) en ovinos de pelo mantenidos en condiciones de trópico húmedo.

Variable	Descripción	Media	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	27.56±5.86	11.00	42.90
AD	Área dorsal (cm ²)	840.58±198.43	405	1513.00

En la literatura científica se encontró que se han desarrollado diferentes modelos para estimar el PV utilizando medidas corporales como el perímetro torácico (PT) en diferentes razas de pequeños rumiantes (Atta et al., 2024). En este estudio, se evaluó el uso del AD para estimar el PV en ovinos de pelo. En este sentido, Atta et al. (2024) reportaron que el PT es la mejor medida lineal para predecir el PV en cabras.

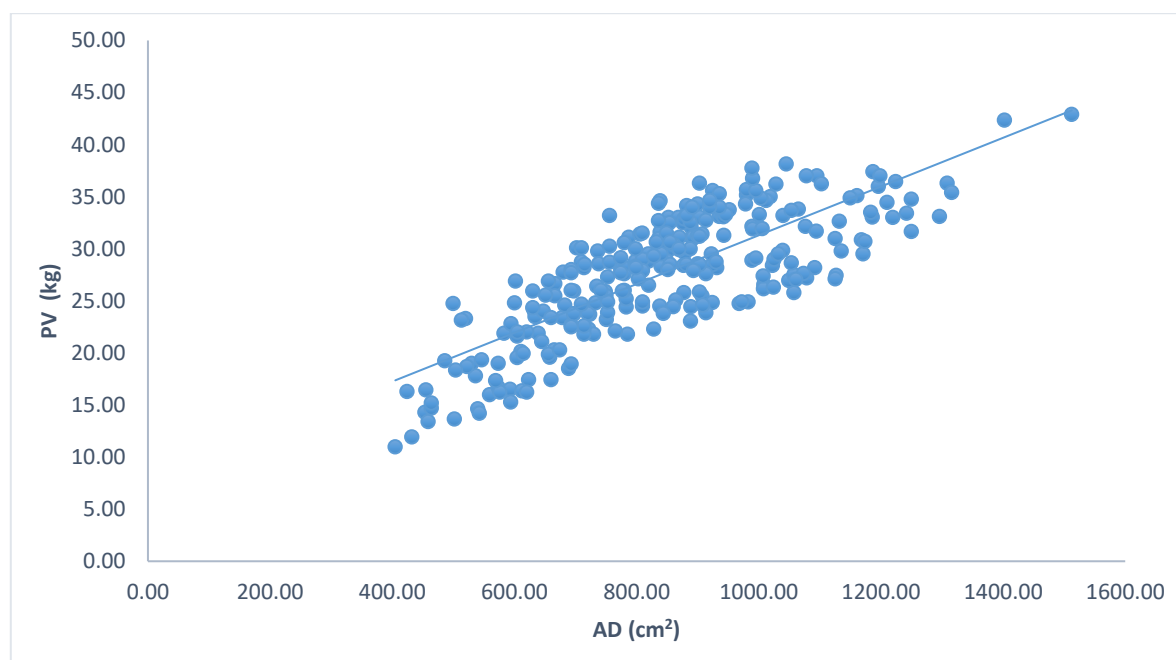


Figura 1. Relación entre el PV (kg) y el área dorsal en ovinos de pelo

Estudios previos (Chay-Canul et al., 2019; Canul-Solís et al., 2020) demostraron que el PT es la medida biométrica que presenta una mayor correlación con el PV en ovinos de pelo adultos. El PT presenta ciertas ventajas sobre otras BM, como ser más fácil de medir durante las prácticas de manejo de rutina, debido a que no se requieren instalaciones especiales y

conlleva una menor manipulación del animal (Chay-Canul et al., 2019). Gómez-Vázquez et al. (2024) al evaluar ecuaciones lineales, cuadráticas y alométricas para predecir el PV en búfalas utilizando el AD, reportaron que la ecuación lineal presento un coeficiente de determinación (r^2) de 0.94). Sin embargo, al evaluar el ajuste mediante la técnica de k-folds, mostro que la ecuación cuadrática exhibió valores más bajos de error cuadrático medio de predicción y error absoluto medio. Estos autores concluyen que el AD puede ser un buen predictor del PV en búfalas, especialmente cuando se incorpora a ecuaciones lineales de primer y segundo grado.

Conclusión

El AD estuvo moderadamente ($r= 0.79$, $P<0.001$) correlacionado con el PV de ovinos de pelo mantenidos bajo condiciones de trópico húmedo. El AD puede ser un buen moderado predictor del PV en ovinos de pelo.

Literatura Citada

- Atta, M., A. B. S. Ali., M. B. Mohamed., H. M. Al-Dosari., and, H. S. Al-Shamari. 2024. Prediction of body weight using body measurements in some sheep and goats in Qatar. *Journal of Applied Animal Research*, 52(1), 2288917.
- Bautista-Díaz, E., J. A. Mezo-Solis., J. Herrera-Camacho., A. Cruz-Hernández., A. Gomez-Vazquez., L. O. Tedeschi., and A. J. Chay-Canul. 2020. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals*, 10(8), 1276.
- Bautista-Díaz, E., R. Salazar-Cuytun., A. J. Chay-Canul., R. A. G. Herrera., Á. T. Piñeiro-Vázquez., J. G. M. Monforte., and, A. Gómez-Vázquez. 2017. Determination of carcass traits in Pelibuey ewes using biometric measurements. *Small Ruminant Research*, 147, 115-119.
- Canul-Solis, J., J. C. Angeles-Hernandez., R. A. García-Herrera., O. E. del Razo-Rodríguez., H. A. Lee Rangel., A. T. Piñeiro-Vazquez., and, A. J. Chay-Canul. 2020. Estimation of body weight in hair ewes using an indirect measurement method. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2341-2347.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Resumen

El objetivo fue evaluar la relación entre la condición corporal (CC), parámetros del músculo *longissimus thoracis* y el espesor de la grasa subcutánea (EGS) determinadas por ultrasonido en novillas en crecimiento. Se registraron los datos de peso vivo (PV), CC (escala de 1-emaciado; 5= obeso) y las medidas por ultrasonido de 100 novillas cruzadas (Holstein × Gyr), con edad de 6 a 15 meses mantenidas en praderas de *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria humidicola*, sin suplementación. Se realizaron ecografías con ultrasonido en tiempo real en modo B Mindray DP Vet 50® (Mindray Ltd. y National Ultrasound Inc.; Wuxi, Jiangsu, China) y sonda lineal de 7.5 MHz para determinar el EGS y la profundidad del músculo *l thoracis* (PLT, cm), la amplitud (ALT, cm) y el área (AMLT, cm²) se determinó utilizando la formula $LMA\ cm^2 = ([A / 2 \times B / 2] \times \pi)$. Las relaciones entre las mediciones por ultrasonido, CC y PV, fueron determinadas por medio de coeficientes de correlación de Pearson y por medio de regresión. Se observó que el peso de las novillas oscilo entre 166 a 378 kg, mientras que la CC presentó un rango de 3 a 5. El EGS vario de 0.11 a 0.49 cm y de 0.11 a 0.60 cm en región torácica y de la cadera, respectivamente. Los coeficientes de correlación (r) entre la CC y los parámetros del músculo *l thoracis* no presentaron relación (P>0.05), mientras que el PV y el EGS de la región torácica y de la cadera presentaron una

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa, Tabasco, México. ² Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Michoacán, México. ³ Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Conkal, CP 97345, Yucatán, México.

independiente del tamaño y la edad del animal (Edmonson et al. 1989). La escala de puntuación de la CC se ha descrito como una herramienta fácil de medir, rápida, barata y no invasiva que ha sido aceptada y aplicada para estimar la cantidad de grasa corporal y evaluar el estado nutricional de las vacas (Ayres et al., 2009; Miranda et al., 2021). Sin embargo, a pesar de ser un parámetro fácil de medir, la escala de CC ha presentado algunas críticas por ser una medida “subjetiva” dependiente de la experiencia del observador (Ayala et al., 1995; López, 2021).

Por ello se han evaluado otros estimadores de los niveles de reserva corporal, entre estos destaca las mediciones por ultrasonido de los parámetros del músculo *longissimus thoracis* y el espesor de la grasa subcutánea en diferentes regiones corporales de los animales (Ayres et al., 2009; Miranda et al., 2021). Sin embargo, existen pocos trabajos diseñados para evaluar la relación entre la condición corporal y medidas por ultrasonido en novillas en crecimiento en los sistemas tropicales de producción de carne bovina en México, donde las novillas son manejadas bajo pastoreo y con baja suplementación (López, 2021). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre la condición corporal, parámetros del músculo *longissimus thoracis* y el espesor de la grasa subcutánea determinadas por ultrasonido en novillas en crecimiento.

Materiales y métodos

Los datos del peso vivo (PV), condición corporal (CC) y las medidas por ultrasonido se registraron en 100 novillas cruzadas (Holstein × Gyr). La edad de las novillas osciló entre 6 y 15 meses. Las hembras se mantuvieron en pastoreo en praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y de pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*), sin suplementación. Los animales incluidos en el presente estudio pertenecían al “Rancho La Esperanza”, S/n Ranchería Camoapa 2da Sección, ubicado en Pichucalco, Chiapas.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Se realizó un análisis de estadística descriptiva utilizando el PROC MEANS SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). Las relaciones entre las mediciones por ultrasonido, CC y peso vivo, fueron determinadas por medio de coeficientes de correlación de Pearson y por medio de regresión lineal utilizando el PROC CORR y PROC REG del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los valores promedios ($\pm$ DE) y mínimos y máximos del peso vivo (kg), parámetros del músculo *l thoracis* y el espesor de grasa subcutánea en novillas cruzadas (Holstein $\times$ Cebú). Se observó que el peso de las novillas oscilo entre 166 a 378 kg. Mientras que la condición corporal presentó un rango de 3 a 5. El espesor de la grasa subcutánea vario de 0.11 a 0.49 cm y de 0.11 a 0.60 cm en región torácica y de la cadera, respectivamente.

Cuadro 1. Valores mínimos y máximo del peso vivo (kg), parámetros del músculo *l thoracis* y el espesor de grasa subcutánea en novillas cruzadas (Holstein $\times$ Cebú).

Variable	Descripción	Media $\pm$ DE	Mínimo	Máximo
PV	Peso vivo (kg)	248.68 $\pm$ 39.58	166.00	378.00
CC	Condición corporal (1-5)	4.03 $\pm$ 0.49	3.00	5.00
EGST	Espesor de la grasa subcutánea de la región torácica (cm)	0.25 $\pm$ 0.07	0.11	0.49
PLT	Profundidad del musculo <i>lonsigimus thoracis</i> (cm)	3.86 $\pm$ 0.46	2.21	4.81
ALT	Amplitud del musculo <i>lonsigimus thoracis</i> (cm)	3.79 $\pm$ 0.10	3.47	3.99
AMLT	Área del musculo <i>lonsigimus thoracis</i> (cm)	11.48 $\pm$ 0.45	6.39	14.73
EGSC	Espesor de la grasa subcutánea de la cadera (cm)	0.30 $\pm$ 0.10	0.11	0.60

Los coeficientes de correlación (r) entre la condición corporal y los parámetros del músculo *l thoracis* no presentaron relación ($P>0.05$; Cuadro 2). Mientras que el PV y el espesor de la grasa subcutánea de la región torácica y de la cadera presentaron una relación moderada ($r\geq 0.52\leq 0.62$, $P<0.001$) con la condición corporal (Cuadro 2). Por otro lado, las ecuaciones de regresión entre la condición corporal, peso vivo y el espesor de grasa subcutánea tuvieron

un r^2 que vario de 0.26 a 0.38 (<0.0001 , Cuadro 3).

Cuadro 2. Correlaciones entre el peso vivo (kg), parámetros del músculo *l thoracis* y el espesor de grasa subcutánea en novillas cruzadas (Holstein $\times$ Cebú).

	PV	CC	EGS	PLT	ALT	AMLT	GC
PV	1.00						
CC	0.62	1.00					
EGST	0.50	0.54	1.00				
PLT	0.06 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	1.00			
ALT	0.13 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.20	1.00		
AMLT	0.09 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.98	0.40	1.00	
EGSC	0.60	0.52	0.45	0.01 ^{ns}	0.27	0.05	1.00

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión entre el PV, espesor de grasa subcutánea y la condición corporal en novillas cruzadas (Holstein $\times$ Cebú).

No.	Regresión	r^2	CME	RCME	Valor de P
1	CC = 2.12 ($\pm 0.24^{***}$) + 0.007 ($\pm 0.001^{***}$) $\times$ PV	0.38	0.38	0.61	<0.0001
2	CC = 3.14 ($\pm 0.14^{***}$) + 3.50 ($\pm 0.55^{***}$) $\times$ EGST	0.28	0.41	0.64	<0.0001
3	CC = 3.29 ($\pm 0.13^{***}$) + 2.44 ($\pm 0.40^{***}$) $\times$ EGSC	0.26	0.42	0.64	<0.0001

CC: condición corporal; EGSC: Espesor de la grasa subcutánea de la cadera (cm); Espesor de la grasa subcutánea de la región torácica (cm); CME: cuadrado medio del error; RCME: raíz cuadrada del cuadrado medio del error

Debido a su mejor adaptación a las altas temperaturas, la humedad, los ectoparásitos y el forraje de baja calidad, los animales *Bos indicus* predominan en los trópicos. Sin embargo, existen pocos estudios que correlacionen la CC (escala de 1-5 puntos) y la EGSC en vacas y novillas de genotipos tropicales. En este sentido, Gentil et al. (2017) en vacas cruzadas Holstein x Cebú encontraron correlaciones moderadas ($r = 0,78$ y $r = 0,71$) entre CC y el EGSC, desde la cuarta semana antes del parto hasta la decimocuarta semana posparto. También informaron que los modelos de regresión fueron capaces de explicar cuánto varía el EGSC debido a cambios en la CC, con coeficientes de determinación que oscilaron entre 0.51 y 0.61. Concluyeron que la CC puede considerarse un buen predictor del EGSC para vacas cruzadas Holstein x Cebú en el preparto y el postparto durante más de 5 semanas de lactación. En este sentido, Ayres et al. (2009) evaluando vacas Nelore durante los periodos pre y postparto, estimaron correlaciones de Pearson que oscilaron entre 0.82 y 0.93 ($P < 0,05$) entre la CC y el EGSC. Además, encontraron coeficientes de determinación de 0.73-0.92, siendo estos valores superiores a los obtenidos en el presente estudio. Ayres et al. (2009), también informaron que la CC y el EGSC mostraron una baja correlación ($r=0.37$ a 0.50) con el PV. Sin embargo, en el presente estudio se observó una correlación entre el PV, CC y EGSC con valores e de 0.60 y 0.62 ($p<0.001$). Por su parte, Miranda et al. (2021) en vacas Gyr primíparas encontraron correlaciones entre PV y EGST y EGSC que oscilaban entre 0.57 y 0.63 y entre 0.54 y 0.64 durante los periodos pre y postparto respectivamente. Los coeficientes de determinación obtenidos para las variables preparto oscilaron entre 0.48 y 0.66. Miranda et al. (2021) concluyen que correlaciones entre la CC, BCS EGST y EGSC validan el uso de la CC obtenida por evaluación visual como herramienta para evaluar las reservas de grasa hembras Gyr antes del parto y durante la primera lactación.

Conclusión

El espesor de la grasa subcutánea de la región torácica y de la cadera presentaron una moderada relación ($r \geq 0.52 \leq 0.54$, $P < 0.001$) con la puntuación de la condición corporal, como herramienta para evaluar las reservas de grasa de novillas cruzadas.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

- 
AGRICULTURA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL


iniap
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias


SEDAPOP
 SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO, FORESTAL Y PESCA


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
 "ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"


UPM
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MEXICO


CCYTET
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA


SIDA
 SECRETARÍA DE INCLUSIÓN SOCIAL


SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL


SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL


SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL


SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a path leading through the trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN PARASITARIA EN BOVINOS EN LA REGIÓN NORTE DE CHIAPAS

Noe Campos Lopez¹, Oswaldo Margarito Torres Chablé¹, Claudia Virginia Zaragoza Vera¹,
Guadalupe Arjona Jiménez¹ y Maritza Zaragoza Vera^{1*}.

Resumen

Los bovinos domésticos que habitan en zonas tropicales son propensos a contraer infecciones parasitarias por parásitos internos y enfermedades transmitidas por vectores, como las garrapatas, entre los cuales destaca *Babesia*. Las condiciones ambientales de las zonas tropicales son altamente favorables para el establecimiento de enfermedades parasitaria, por lo que es importante conocer el grado de infección que tienen los bovinos. El objetivo del presente trabajo fue calcular las prevalencias de las principales enfermedades parasitarias de bovinos existentes en el municipio de Reforma, Chiapas. Se obtuvieron 252 muestras de heces en cinco unidades producción y se realizó la prueba de McMaster para conocer el grado de infestación de los animales y determinar la prevalencia de los parásitos internos. Se obtuvieron 107 muestras sanguíneas para conocer la prevalencia de babesiosis (por *B. bigemina* y *B. bovis*), se extrajo ADN de la sangre con el procedimiento de extracción mediante sales, se realizó la reacción de PCR, los productos obtenidos se examinaron en geles de agarosa. Se determinó la prevalencia de las enfermedades encontradas. La prevalencia encontrada en los exámenes coproparasitoscópico fueron 34.9% para la familia *Trichostrongylidae* y el 17.8% para la familia *Eimeriidae*. La prevalencia de hemoparásitos por la técnica de PCR fue de 14.9% para *Babesia bigemina* y 3.7% para *Babesia bovis*. No se discernió entre los géneros infectantes de los NGI, por lo que es necesario realizar mas estudios al respecto.

¹ Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México. Autor por correspondencia: maritza.zaragoza@ujat.mx

Palabras clave: prevalencia, NGL, babesiosis, *Trichostrongylidae*, *Eimeriidae*

Introducción

En México la ganadería, especialmente la producción de bovinos, es la actividad económica mas desarrollada, ubicándola en todas las regios agroecológicas y a veces, en condiciones climáticas adversas (Rubio et al, 2013). Las condiciones climáticas de las zonas tropicales, muchas veces se traducen en una gran cantidad de forraje, sobre todo en época de lluvia, lo que, en algunas ocasiones rebasa la capacidad de consumo de los animales, situación que se presenta de manera estacional y con una contraparte en época de seca, donde las pasturas escasean. Aun cuando existe abundancia de forrajes, su calidad nutritiva no alcanza a cubrir los requerimientos nutricionales de los animales (Cortés-Mora et al. 2014). Abordando situaciones de riesgo en la producción de rumiantes, las enfermedades parasitarias encuentran en este nicho ecológico un ambiente que les proporciona todas las facilidades para su desarrollo, la presencia de infestaciones por ectoparásitos con sus enfermedades añadidas, así como enfermedades causadas por nematodos gastrointestinales que pueden comprometer la salud y la productividad de los hatos bovinos (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2022).

Las nematodosis gastrointestinales son muy comunes en los climas tropicales y subtropicales, ya que las condiciones medioambientales favorecen la presencia de las enfermedades parasitarias, en bovinos estas infecciones pueden deberse a distintos géneros parasitarios como son: *Haemonchus sp*, *Bunostomun sp*, *Oesophagostomum sp*, *Trichuris sp*, y *Cooperia sp* (Prats, 2004).

En relación a las enfermedades causadas por hemoparásitos, la babesiosis bovina es una de las enfermedades transmitidas por garrapatas de mayor importancia en el mundo debido a las pérdidas económicas que esta ocasiona con la disminución de la productividad del ganado, tratamiento de la enfermedad y la pérdida de animales que mueren por la infección (Mamoudou et al., 2017). Las garrapatas consideradas vectores de babesiosis pertenecen a la

procesadas mediante la técnica de McMaster modificado para determinar el número de HPG de NGI (Rodríguez Vivas y Cob Galera, 2005).

Toma de muestra de sangre en los bovinos.

Las muestras de sangre fueron colectadas de la vena coccígea de los animales mediante catéteres Vacutainer® y tubos con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como anticoagulante. Cada muestra fue identificada y colocada en un contenedor de plástico con refrigerantes y transportadas al Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT, para realizar las determinaciones correspondientes.

Extracción de ADN genómico a partir de sangre de bovinos.

Para llevar a cabo la extracción del ADN de sangre de los bovinos muestreados se siguió el procedimiento de extracción mediante sales descrito por Miller (1988), modificado por (Torres-Chablé et al., 2018).

Reacción de PCR para identificar ADN de *Babesia* sp.

El ADN obtenido a partir de la sangre de los bovinos muestreados se diluyó para estandarizarlo a 10 ng/μl para realizar la amplificación en igualdad de condiciones.

Los cebadores que se utilizaron para la identificación de ADN de *Babesia* sp. fueron: BJ1 (5'-GTC TTG TAA TTG GAA TGA TGG-3') y BN2 (5'-TAG TTT ATG GTT AGG ACT ACG-3') los cuales amplifican un fragmento de ~ 411 a 452 pb común en todas las especies de *Babesia* (Casati et al, 2006).

Las reacciones de PCR fueron realizadas empleando 2.5 μl de ADN genómico, 10 pM de cada cebador y 250μM de cada dinucleótido en solución buffer de PCR 1X (20 mM Tris-HCl pH 8.4, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂) en un volumen total de 25 μl. Para la identificación de las especies se emplearon cebadores específicos que pueden ser observados en el **Cuadro 1**, las reacciones de PCR se realizaron siguiendo las indicaciones publicadas para cada cebador (Ybañez et al. 2013; Park et al. 2018).

Cuadro 1. Cebadores específicos para la identificación de las especies de *Babesia* que infectan al ganado bovinos del municipio de Reforma, Chiapas.

Gen	Cebador	Técnica	Secuencia	Origen	Amplicón
SBP-4	BbSBP-4F1	PCR	F: 5'-AGTTGTTGGAGGAGGCTAAT-	<i>Babesia bovis</i>	907pb
	BbSBP-4R1		3'		
			R: 5'-TCCTTCTCGGCGTCCTTTTC-		
			3'		
	BbSBP-4F2	nPCR	F: 5'-GAAATCCCTGTTCCAGAG-3'		503pb
	BbSBP-4R2		R: 5'-TCGTTGATAACACTGCAA-3'		
RAP-1a	BbigRAP-1a	PCR	5'-GAGTCTGCCAAATCCTTAC-3'	<i>Babesia bigemina</i>	879pb
	BbigRAP-R1a		5'-TCCTCTACAGCTGCTTCG-3'		
	BbigRAP-F2a	nPCR	5'-AGCTTGCTTTCACAACTCGCC-3'		412pb
	BbigRAP-R2a		5'-TTGGTGCTTTGACCGACGACAT-3'		

Pb: Pares de bases.

Los productos obtenidos de la PCR (10 µl), se examinaron en geles de agarosa al 1.5% y se compararon con un control positivo de *B. bovis* previamente identificado en el Laboratorio de Enfermedades Tropicales y Transmitidas por Vectores de la DACA-UJAT.

Análisis estadístico.

Considerando el número total de muestras obtenidas y el número de muestras positivas a cada uno de los patógenos estudiados se determinó la prevalencia general de las infecciones de nematodos gastrointestinales, coccidias y *Babesia sp.*

La fórmula con la que se calculó la prevalencia es la siguiente:

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{Total de casos en una población en un lugar y momento dados}}{\text{Total de la población en ese lugar y momento dados}}$$

(Jaramillo y Martínez, 2010)

Resultado y discusión

Se muestrearon un total de 252 bovinos en cinco unidades de producción, a la totalidad de ellos se les realizó la prueba de McMaster modificada, donde se diferenciaron animales parasitados por la familia *Trichostrongylidae* y por la familia *Eimeriidae*. A 107 de los bovinos muestreados se les realizó la prueba para determinar la prevalencia de Babesiosis por la prueba de PCR. Los resultados de prevalencia que se presentaron se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Prevalencia de las parasitosis encontradas en el municipio de Reforma Chiapas.

	Positivos	Negativos	Total	Prevalencia
McMaster				
<i>Trichostrongylidae</i>	88	164	252	34.9%
<i>Eimeriidae</i>	45	207	252	17.8%
PCR				
<i>Babesia bigemina</i>	16	91	107	14.9%
<i>Babesia bovis</i>	4	103	107	3.7%

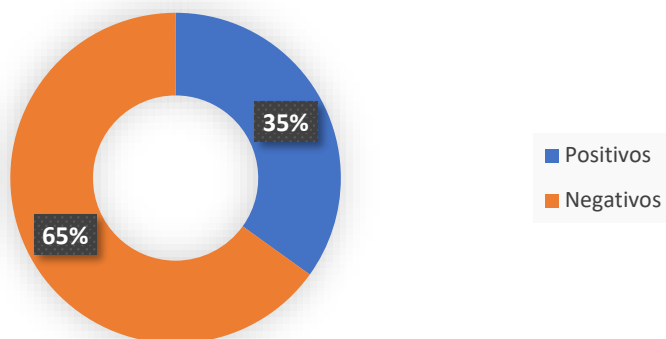
La prevalencia encontrada por nematodos de la familia *Trichostrongylidae* fueron del 34.9%, debiendo recordar que en esta familia existen diferentes géneros y especies, que no se pueden determinar vía la prueba de McMaster. Mientras que la prevalencia de la familia *Eimeriidae* correspondió al 17.8%. Las parasitosis por Nematodos Gastrointestinales (NGI) se encuentran ampliamente distribuidas a nivel mundial, por lo que, es importante medirlas, ya

que genera pérdidas económicas importantes en las producciones bovinas (Almada, 2015). Distribuidos en el mundo se encuentran reportes del continente asiático, con prevalencias generales por parasitosis de 46.37% en India (Jamra et al, 2017), 47% en bovinos en la provincia Thi-Qar de Irak (Gatie et al., 2018), 13.39% de prevalencia en Sri Lanka (Gunathilaka et al., 2018). Por su parte, en el continente africano, se determinó una prevalencia general de helmintos del 57.6% en Nigeria, y 52.9% y 67.1% en Aguata y Orumba (Obi et al., 2020), en la ciudad Port-Harcourt, se realizó un estudio que mostró que el 56% de los bovinos muestreados fueron positivos a infecciones por NGI (Abah y Ebong, 2017), se han reportado porcentajes de infección del 32,2% en el distrito de Lira (república de Uganda) y 74% en la República Democrática del Congo (Kagenda y Angwech, 2018). En relación a nuestro continente, debido a sus condiciones climáticas, existen grandes extensiones de pastizales en zonas tropicales y subtropicales, que son el lugar idóneo para el establecimiento de infecciones por NGI, en Canadá se determinó que el 20.9% de bovinos muestreados presentaban al menos un tipo de parásito, encontrando mayormente géneros como *Cooperia* y *Ostertagia* (Scott et al., 2019). Por su parte, en Venezuela se encontraron prevalencias del 34.2%, teniendo presencia de géneros como *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Strongyloides* y *Oesophagostomum* (Urdaneta et al., 2011). En Ecuador se reportó que el 67.22% presentan al menos la presencia de un huevo de NGI (Roman, 2016).

En Brasil, se reportó infecciones del 6.4% en terneros con géneros como *Cooperia*, *Oesophagostomum* y *Trichostrongylus*, y un reporte de 70.5% de animales infectados por *Eimeria* (Cruvinel et al., 2018). En México, se reportó una prevalencia de 20% en infecciones por helmintos y 93.2% por *Eimeria* sp. (Figueroa et al., 2018). Las condiciones medioambientales son propicias en las zonas tropicales como lo es el norte de Chiapas, donde la temperatura y la humedad propician el desarrollo de estas parasitosis, observando una prevalencia mayor que la reportada por Figueroa, por mas de 15 puntos porcentuales, sin embargo, en otros lugares del mundo las prevalencias reportadas son mucho mayores que las reportadas en el presente trabajo.

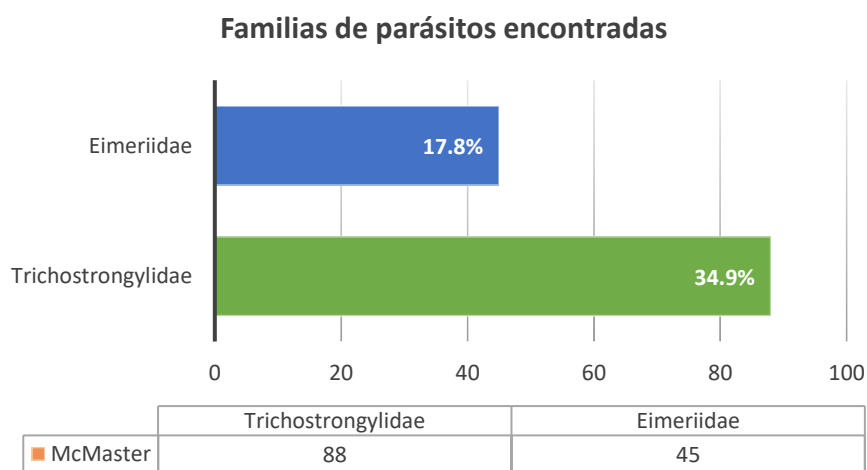
Figura 1. Prevalencia de las infecciones familia Trichostrongylidae

Infecciones familia Trichostrongylidae



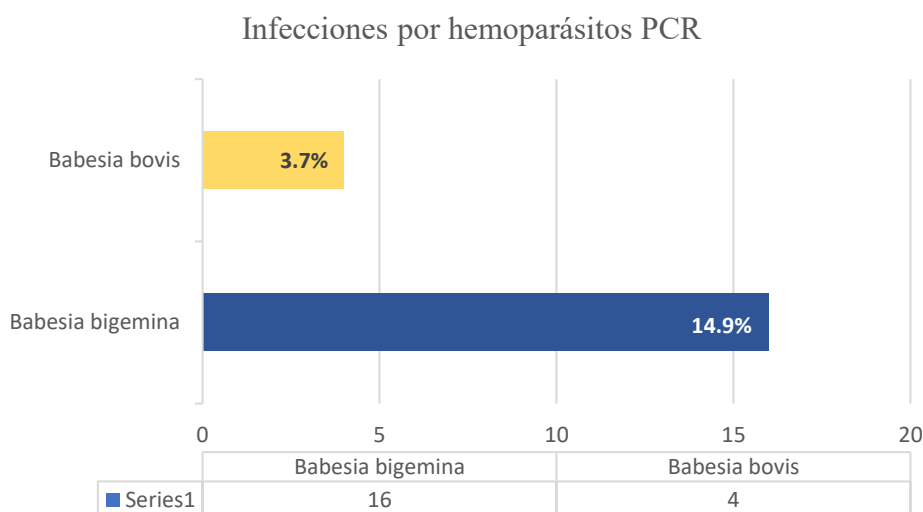
En relación a los grupos de endoparásitos encontrados en el presente estudios, básicamente tuvimos la presencia de dos familias la *Trichostrongylidae* y la familia *Eimeriidae*

Figura 2. Familias de parásitos encontrados en la prueba de McMaster



En relación a los resultados de la prevalencia de hemoparásitos mediante la prueba de PCR se encontró que el 14.9% de los animales muestreados fue positivo a *Babesia bigemina*, mientras que el 3.7% resulto positivo a *Babesia bovis*

Figura 3. Prevalencia de infecciones causada por *Babesia bigemina* y *Babesia bovis* mediante la técnica de PCR



Estudios en Perú reportan una prevalencia de Babesiosis del 6.6% (Reategui y Lopez 2023), aunque no disciernen entre especies, la prevalencia es mas baja que la reportada en el presente trabajo, probablemente debido a la prueba diagnostica que utilizaron, la cual es frotis sanguíneo. Muñoz 2017. Existe un reporte en el estado de Veracruz que muestra prevalencias de entre 80 y 90% para *B. bigemina* y *B. bovis* (Lira et al, 2015), las pruebas diagnósticas utilizadas fueron Inmunofluorescencia indirecta y la prueba ELISA, este resultado no es compatible con lo encontrado en este estudio, posiblemente porque al haber tenido contacto con los hemoparásitos en algún momento de la vida, resultaran positivos a las pruebas serológicas que buscan la respuesta de manera indirecta.

No hay que perder de vista que la prevalencia de las enfermedades causadas por hemoparásitos guarda una estrecha relación con la cantidad de garrapatas que existen en las unidades de producción y que las zonas tropicales son hábitats altamente favorecedores para el intenso desarrollo de estos ectoparásitos que son los transmisores de enfermedades hemoparasitarias como lo es la babesiosis.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Cruvinel, L. B., Bastos, T. S. A., Nicaretta, J. E., Couto, L. F. M., Borges, D. G. L., Borges, F. A., Soares, V. E., B, A. C. L., Bastos, T. S. A., Nicaretta, J. E., Couto, L. F. M., Borges, D. G. L., Borges, F. A. (2018). Surtos consecutivos ocasionados por *Eimeria zuernii* em bezerros de corte de uma propriedade do estado de São Paulo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(2), 277–284. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5330>

Figuerola, A., Pineda, R., Godínez, J., Vargas-Álvarez, D., Rodríguez-Bataz. (2018). Gastrointestinal parasites of bovine and caprine livestock in Quechultenango, Guerrero, Mexico. *Agroproductividad*, 11(6), 97–104.

Gatie, J. A., Nejiban, Z. S., Abed, K. M., Abbas, R. A., Hadi, R. M., Afrawy, A. M., Mohsen, Y. F. (2018). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and buffaloes in Thi-Qar providence, South of Iraq. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 17(3), 847–856.

Gunathilaka, N., Niroshana, D., Amarasinghe, D., Udayanga, L. (2018). Prevalence of gastrointestinal parasitic infections and assessment of deworming program among cattle and buffaloes in Gampaha District, Sri Lanka. *BioMed Research International*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/3048373>

INEGI. 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible de: <http://www.inegi.org.mx>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2022) Sanidad en ganado bovino, recomendaciones del INIFAP <https://www.gob.mx/inifap/articulos/sanidad-en-ganado-bovino-recomendaciones-del-inifap>

Jamra, N., Das, G., Agrawal, V., Jayraw, A. K. (2017). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle of Nimar region of Madhya Pradesh. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(4), 1045–1048.

Jaramillo, C., y Martínez, J. (2010). Epidemiología veterinaria. Editorial manual moderno. México. Pág. 198.

Kagenda, G. A., Angwech, H. (2018). Cross-sectional prevalence of gastrointestinal helminth parasites in cattle in Lira District, Uganda. *Tropical Animal Health and Production*, 50(7), 1599–1604. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1600-0>

Lira, A. J. J., Vargas, U. P., Cantú, C. A., Castañeda, A. R. O., Álvarez, M. J. A., Rojas, M. C., ... & Figueroa, M. J. V. (2015). PREVALENCIA DE BABESIOSIS BOVINA EN DOS EXPLOTACIONES DEL PAIS UTILIZANDO PRUEBA SEROLOGICA CON ANTIGENOS RECOMBINANTES PREVALENCIA OF BOVINE BABESIOSIS IN TWO CATTLE FARMS USING A SEROLOGICAL TEST WITH RECOMBINANT ANTIGEN. *SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN*, 217.

Mamoudou, A., Nguetoum, N. C., Sevidzem, S. L., Manchang, T. K., Ebene, N. J., & Zoli, P. A. (2017). Bovine babesiosis and Anaplasmosis in Some Cattle Farms in the Vina Division, Adamaoua Plateau. *Int. J. livestock res.*

Miller S.A., Dykes D.D. (1988). A simple salting-out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acid Research*; 16(3): p. 1215.

Muñoz, T. (2017). Babesiosis bovina (*Babesia bovis* y *Babesia bigemina*), una enfermedad hematozoárica de importancia económica en el mundo. *Centro de Biotecnología*, 5(1).

Park, J., D.-G. Han, J.-H. Ryu, J.-B. Chae, J.-S. Chae, D.-H. Yu, B.-K. Park, H.-C. Kim, and K.-S. Choi. 2018. Molecular detection of *Anaplasma bovis* in Holstein cattle in the Republic of Korea. *Acta Vet. Scand.* 60: 15.

Prats, V. M. V., Crespo, J. F., Valencia, C. S., Rodríguez, D. H., Franquez, A. P., Hernández, E. L., y Ortega, A. P. (2004). Frecuencia de nematodos gastroentéricos en bovinos de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(2), 237-245.

Obi, C. F., Akata, M. C., & Ezubelu, O. J. (2020). Prevalence of gastrointestinal helminth parasites of trade cattle in Aguata and Orumba South Local Government Areas , Southeastern

Dirofilaria immitis in dogs and mosquitoes in Tabasco, Mexico. Journal of vector borne diseases, 55(2), 151-158.

Urdaneta, M., Urdaneta, A., Parra, A., Chacin, E., Ramírez, R., Cubillan, A. (2011). Prevalencia y grado de infección de helmintos gastrointestinales en rebaños bovinos doble propósito del municipio de Miranda del estado de Zulia, Venezuela. Revista de La Universidad de Zulia, 3(2), 65–76

Ybañez, A. P., T. Sivakumar, B. Battsetseg, B. Battur, K. Altangerel, K. Matsumoto, N. Yokoyama, and H. Inokuma. 2013. Specific Molecular Detection and Characterization of *Anaplasma marginale* in Mongolian Cattle. J. Vet. Med. Sci. 75: 399–406.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA DEGRADACIÓN DEL ESTIÉRCOL POR ESCARABAJOS COPRÓFAGOS EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO

Lizeth Guadalupe López Rodríguez¹, Jorge Quiroz Valiente² Miguel Ángel Ramírez Guillermo^{2*}, Lorenzo Granados Zurita², Isidro López Noverola¹

Resumen

Las unidades ganaderas que mantienen una carga animal alta, tienen problemas de acumulación de grandes cantidades de estiércol, donde, además, se ha observado que el consumo voluntario de forraje por parte de los rumiantes disminuye cuando éste se encuentra contaminado ya sea por tierra, heces o materia en descomposición. La acumulación de estiércol ha generado una de las dificultades que se tiene actualmente con los sistemas de pastoreo intensivo, debido a que, en algunas zonas no hay actividad de organismos degradadores, lo que causa que las bostas se mantengan más tiempo en el suelo llegando incluso a tardar años en degradarse. Razón fundamental por lo que se ha estado promoviendo la utilización de escarabajos estercoleros, debido a su capacidad de enterrar el estiércol para alimentarse y reproducirse, favoreciendo con ello la fertilización de suelos, la reducción de la pérdida del nitrógeno y contribuyendo con el control de plagas. El objetivo de esta investigación fue cuantificar gráficamente a través del tiempo el proceso de degradación del estiércol y las especies involucradas en la degradación, utilizando como herramienta la

¹ Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco, ²INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco, Méx. *Autor de correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Abstract

Livestock units that maintain a large number of animals have problems of accumulation of large amounts of manure. Moreover, it has been observed a reduction of forage consumption by ruminant when it is contaminated either by soil, feces or decomposing matter. Manure accumulation has created one of the current difficulties with intensive grazing systems. Because, in some areas, there is no activity of degrading organisms, causing that dung stay in the ground by longer time, and even take years to degrade. Major reason why the use of dung beetles has been promoted, due to their ability to bury manure to feed and reproduce, thus favoring soil fertilization, reducing the loss of nitrogen and contributing to pest control. The research objective was to quantify graphically the time period of the degradation process of manure and arthropod species involved in. Photography were used as tool. The study was established in an intensive grazing area of breeding heifers, under a silvopastoral system. 10 fresh dung were selected, recording their consistency. Images were taken at a height between 40 and 50 cm above the dung, in an interval of time of four hours, until total degradation. A percentage scale over time and environmental changes during sampling were used for the description of degradation. A descriptive analysis was made based on photographic evidence of degradation and arrival time of the coprophagous beetles. The result determined that flies and ants are the first arthropods to reach the dung, followed by resident beetles and the dung beetle *Digitonthophagus gazella* (Fabricius) arrived in four hours later. Also, some butterflies that feed on the liquid part of the dung, as well as the dung beetle *Euoniticellus intermedius* (Reiche), at the conclusion process is noticed the presence of fly larvae. At sampling finished, it is concluded that the photograph is a descriptive and valuable tool for the documentation of the degradation time of the manure, and the arthropods associated with it. Coprophagous beetles disintegrated and removed from 95% to 99% of manure. It was observed that 60% of solid manure and semi-solid manure were degraded up to 99% in 43 hours. 40% of slurry manure showed degradation of up to 45% and 55% in 69 hours. According to the regression analysis was obtained $R^2=0.62$. Therefore it is deduced that a linear adjustment is maintained. Since there is a correlation between time and manure removal. In conclusion, it was obtained that for every hour that elapses there will be a degradation of approximately 1.07%.

Keywords: *removal, silvopastoral, Digitonthophagus gazella, Euoniticellus intermedius, tropics.*

Introducción

La producción de bovinos en regiones tropicales secas y húmedas en México, es una de las principales actividades productivas y económicas; se desarrolla principalmente en áreas tropicales y se caracteriza por producir leche y carne, a base de forrajes como principal alimento y suplementación mínima (Bautista-Martínez et al., 2019). En estos sistemas, los animales están expuestos a los parásitos gastrointestinales y por ello, se requiere utilizar desparasitantes con distintos ingredientes activos, como lo es la ivermectina, que se ha demostrado que se excreta prácticamente intactas en las heces (Gómez Beltrán y Villar, 2022), provocando que el ingrediente activo actúe y la entomofauna (escarabajos y ácaros, principalmente) del lugar disminuya. Debido a esto, la degradación del estiércol se retrasa y se acumula en las praderas por lo que las áreas de pastoreo se reducen. Debido a lo anterior ya que se ha demostrado que las bostas producen metano y este es un gas protagonista del calentamiento global, se han implementado los sistemas silvopastoriles. Estos consisten en la siembra de árboles que pueden tener varias funciones; pueden ser comestibles para el ganado, o se hace un mejor aprovechamiento del terreno y es posible incrementar la oferta de materia seca en áreas donde el clima limita el crecimiento del pasto en temporadas secas o frías (García Maldonado, 2013). También, en algunos casos los árboles se utilizan para mejorar el bienestar animal y la humedad del suelo (Villarreyna et al., 2020).

El objetivo de incorporar árboles y arbustos en los sistemas ganaderos es incrementar la productividad de los suelos, disminuir los efectos detrimentales del estrés climático sobre las plantas y los animales; diversificar las actividades productivas en los ranchos generando productos como madera, frutos, leña, alimentos e ingresos adicionales por la venta de estos; reducir la dependencia de insumos externos al rancho; intensificar el uso del suelo sin deteriorar su potencial productivo a largo plazo; contrarrestar los impactos ambientales

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

El estudio se estableció en un área de pastoreo *intensivo* de novillas de recría, con pasto *Brachiaria humidicola* y el híbrido de *Brachiaria* SP1473 (Talismán) en un sistema silvopastoril delimitada con árboles de *Acacia mangium*, en potreros de 40 metros de ancho, y el largo se ajusta de acuerdo a la carga animal con cerco eléctrico.

Para el reconocimiento del proceso de degradación del estiércol, se inició el muestreo a las 10 am del día 02 de agosto del 2023 y finalizó el día 05 de agosto del 2023 a las 10:54 am, para lo cual se seleccionaron 10 bostas frescas en cuanto fueron depositadas por las novillas y se les asignó un número (n= 1-10), registrando la consistencia de la misma, tomando en cuenta que las novillas tenían una dieta de solo pastoreo, suficiente agua y suplementadas con sal mineral.

Inmediatamente se capturaron imágenes con la cámara de un teléfono móvil (Samsung A14 con resolución de 50 Mph) a una distancia de entre 40 y 50 cm de altura sobre la bosta. Posteriormente, se realizaron observaciones y registros fotográficos con intervalos de 4 horas, hasta la degradación total de la bosta, para lo cual se utilizó una escala de porcentajes para registrar la degradación. Asimismo, se observaron de uno a tres minutos cada bosta para el registro de la presencia de los artrópodos presentes.

De igual manera, se describieron los cambios ambientales ocurridos durante el proceso de muestreo y se registró la temperatura y humedad relativa del ambiente durante cada muestreo.

Resultados y Discusión

El 70% (n= 7) de las bostas compactas y semicompactas (Tab. 1) fueron degradadas hasta un 99% en un tiempo entre 34 a 44 horas y el 30% (n= 3), de las bostas semilíquidas presentaron una degradación de hasta un rango del 45 y 55%, en un tiempo de 69 horas.

Tabla 1.- Consistencias de las bostas al momento de ser depositadas por las novillas.

Parámetro	Bostas										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Consistencia											
Compacta	+	+	+		+	+		+			60%
Semicompacta										+	10%
Semilíquida				+			+		+		30%

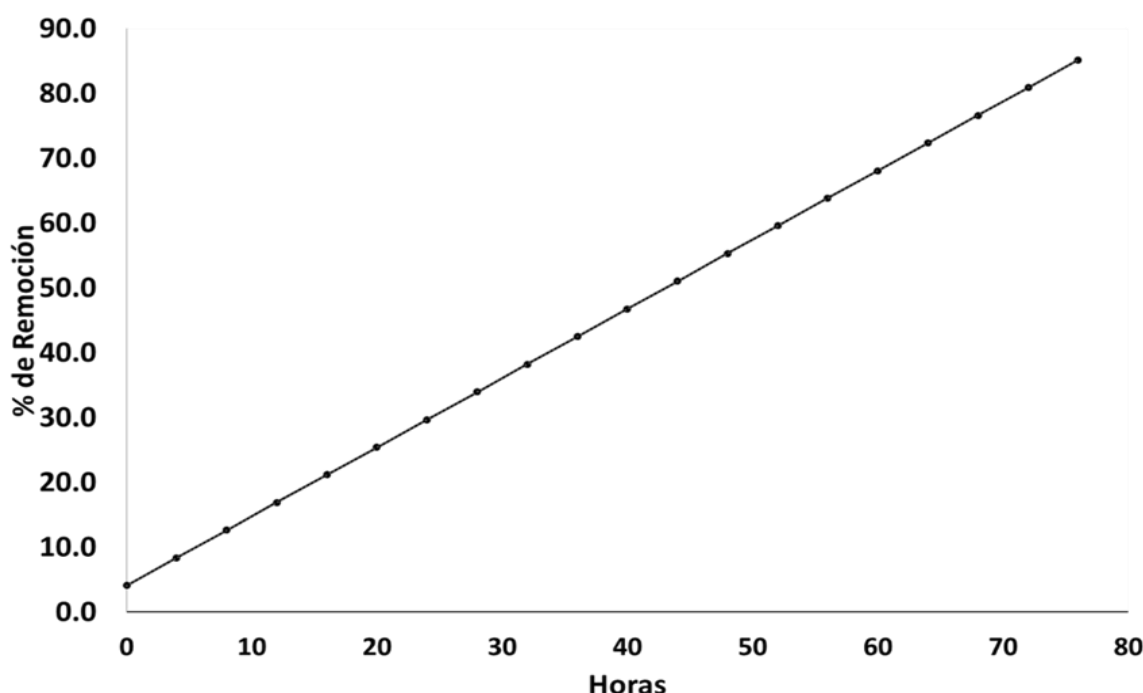
Durante el tiempo de la investigación, el rango de las temperaturas registradas fue de 25 °C a 31 °C y una humedad relativa del 74%.

Se capturaron un total de 522 fotografías, para cada bosta se capturaron 17 fotografías de acuerdo al tiempo de duración del trabajo en campo. Para un mejor análisis de las imágenes y evidencia de los sucesos ocurridos en el tiempo de toma de datos se capturaron fotografías extras, teniendo un promedio 52 capturas por bosta. El material gráfico permite una mejor comprensión del proceso de degradación de la bosta a través del tiempo.

Este estudio permitió demostrar que se debe tener en cuenta que los factores ambientales (dirección y velocidad del viento, humedad, precipitación y radiación solar, principalmente), están relacionados con la degradación de las bostas. Esto se debe a que, la lluvia mantiene la bosta con suficiente humedad para que diferentes especies de escarabajos puedan estar dentro y fuera del estiércol, ayudando a reducir el tiempo de remoción de la misma, ya que los resultados obtenidos por Cruz, (2012), en el estado de Veracruz, demuestran que la humedad es importante para que estos insectos puedan realizar sus actividades.

En el resultado del análisis de regresión se obtuvo un valor de $r^2=0.62$, este valor indica el ajuste de los datos a una línea recta. Por un convencionalismo, se indica que en las variables biológicas un ajuste superior a 0.60 indica que es un ajuste lineal. Es decir, que la relación que existe entre el tiempo y la remoción del estiércol se ajusta a una línea. Los valores de regresión fueron $B_0= 4.1$ y $B_1= 1.07$. Por definición el valor de B_1 indica el valor de y cuando $X=0$, en este caso, indica que la bosta se degrada un 1.07% por cada hora que transcurre (Tab. 2).

Tabla 2. Degradación (%) de las bostas a través del tiempo



Tal como lo manifiesta la Tabla 3, los artrópodos que con mayor frecuencia se encuentran en las bostas con el 80% del total son las hormigas y los escarabajos, aunque no se obtuvo una cuantificación exacta de los artrópodos, se notaba la diferencia entre una especie y otra respectivamente.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall grass, looking down at the ground. The bottom image shows a person standing in a field of tall grass, looking down at the ground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Literatura Citada

Barba-Alvarado, A., Jaén-Torrijos, M. y Vigil-Moreno, O. 2023. diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en una finca lechera. *Ciencia Agropecuaria*: 7-23.

Bautista-Martínez, Y., Herrera-Haro, J., Espinosa-García, J., Martínez-Castañeda, F., Vaquera-Huerta, H., Morales, A. y Aguirre-Guzmán, G. 2019. Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. *Información Técnica Económica Agraria* 115: 134-148.

Cruz R, M., MartíNez M, I., LÓpez-Collado, J., Vargas-Mendoza, M., GonzÁlez-HernÁNdez, H. y Platas-Rosado, D.E. 2012. Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología* 38: 148-155.

García Maldonado, N.M. 2013. Los sistemas silvopastoriles en Tabasco una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.

Gómez Beltrán, D.A. y Villar, D. 2022. Efectos colaterales del uso de la ivermectina en ganadería: comunidad de las boñigas en Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 17: 58-77.

INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. In: INEGI (ed.). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.

Miranda-Flores, K.P., Chamorro-Florescano, I.A., Favila, M.E., Alanís-Méndez, J.L. y Ortiz-Domínguez, M. 2020. Diversidad del paisaje y remoción del estiércol por escarabajos coprófagos en pastizales del norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91: 1-10.

Villarreyana, R.A., Avelino, J. y Cerda, R. 2020. Adaptación basada en ecosistemas: efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía Mesoamericana*: 499-516.



PRESENCIA DE ESCARABAJOS COPROFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Miguel Ángel Ramírez Guillermo^{1*}, Jorge Quiroz Valiente¹, Lorenzo Granados Zurita¹, Manuel Barrón Arredondo¹, Lizeth Guadalupe López Rodríguez², Karen García López², Izamar López Domínguez²

Resumen

Se reporta la presencia de los escarabajos coprófagos *Digitonthophagus gazella*, *Euoniticellus intermedius*, *Copris lugubris*, *Dichotomius* sp., *Eurysternus mexicanus* y *Deltochilum lobipes* y su distribución en el área ganadera del trópico húmedo del estado de Tabasco, México. Estos escarabajos utilizan las boñigas para su alimentación y reproducción. Al remover el estiércol e incorporarlo al suelo, facilitan el reciclaje de los nutrientes y la fertilidad del suelo, cumpliendo así el papel de servicios ecosistémicos en el sistema. Por lo que se consideran de importancia biológica y ecología en la ganadería del trópico húmedo de México.

Palabras clave: remoción, reciclaje, *Digitonthophagus*, *Euoniticellus*, pastizal, ganadería

Introducción

Actualmente la expansión de la actividad pecuaria en regiones de alta biodiversidad ha aumentado la deforestación, pérdida de la biodiversidad y una alteración de la ecología. La actividad pecuaria ecológica es de importancia ambiental, ya que con-

¹INIFAP-CEHUI, Tabasco, México, ²Lab. entomología CEHUI.

*ramirez.miguel@inifap.gob.mx

tribuyen en la reducción de los efectos del cambio climático. La presencia de los escarabajos estercoleros es de importancia en las zonas ganaderas ya que realizan funciones ecológicas y servicios ecosistémicos, económicamente valiosos para la agricultura; mejoran el reciclaje de la materia orgánica, la fertilidad del suelo; al remover y enterrar el estiércol, control de parásitos y dispersión de semillas, al remover y enterrar el estiércol bovino. El ciclo de vida de los escarabajos del estiércol está asociado a las boñigas de los bovinos y otros mamíferos, más sin embargo son sensibles al cambio climático, lo que puede impactar en los servicios que prestan (Miranda-Flores *et al*, 2020).

Se ha documentado que el grupo de la subfamilia *Scarabaeinae* (Coleoptera: Scarabaeidae) comprende más 5,900 especies distribuidas en 250 géneros a nivel mundial (ScarabNet, 2009). *Scarabaeinae* presentes en áreas tropicales y subtropicales, distribuidos en un rango altitudinal desde nivel del mar hasta los 5,000 m de altitud (Sánchez-Hernández et al., 2022). Se ha estimado que en México existen aproximadamente 300 especies de escarabajos del estiércol, agrupadas en 27 géneros (Sánchez-Hernández *et al*, 2019).

Las especies *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) de origen afroasiático y *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) de origen africano fueron introducidas a los Estados Unidos de Norteamérica para regular la acumulación de excremento bovino a través de la remoción y de ahí se han dispersado a diversos países de Centroamérica y Sudamérica. *D. gazella* se ha distribuido en pastizales tropicales y subtropicales de México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Colombia, Venezuela, Guyana Francesa, Brasil, Perú, Bolivia, Chile, Paraguay y Argentina (Morales, Ruiz y Delgado, 2004; Noriega, 2006; Vidaurre, Gonzales y Ledezma, 2008; Isaza-López et al., 2015; Noriega et al., 2020). Por su parte *E. intermedius* se encuentra en El Salvador (Pablo-Cea et al., 2017). La distribución estatal de los Scarabaeinae en México es bastante heterogénea; mientras que algunos estados destacan por su alta diversidad, otros carecen de registros o la información disponible es escasa y se encuentra dispersa (Sánchez-Hernandez et al., 2022).



En México, *D. gazella* se encuentra presente en Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Morelos, Veracruz, Puebla; en tanto que *E. intermedius* se encuentra presente en Chiapas, Durango, Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Puebla, Morelos y Nuevo León (Morales, Ruiz y Delgado, 2004; Martínez *et al.*, 2017; Carrillo-Ruíz *et al.*, 2017).

Es importante indicar que el uso de desparasitantes en el hato bovino que contienen ingrediente activo nocivos a los escarabajos (Ivermectina y Abamectina) y herbicidas (2,4 D y glifosato) son tóxicos para los escarabajos, disminuyendo su fecundidad, afectando su locomoción y disminuyendo su población (Martínez *et al.*, 2017). Razón por la cual el estiércol permanece en la superficie de los pastos durante más de un año, por su lenta descomposición a través de la remoción. Es importante las prácticas ecológicas, debido que los escarabajos del estiércol se alimentan del componente líquido del estiércol; rico en microorganismos y utilizan el material fibroso para la nidificación y crianza de sus larvas a través de los túneles que elaboran bajo o cerca de la boñiga.

En el trópico húmedo de Tabasco los sistemas de producción bovina de pastoreo intensivo, tienen una mayor carga animal y en consecuencia hay un aumento de excretas; que disminuyen hasta en 18% la superficie aprovechable de pastoreo, generando mayor incidencia de enfermedades e incremento en el tiempo de rotación de la parcela, calidad de los pastos, aumento de los costos de producción y disminución de la productividad.

Se ha reportado la presencia de escarabajo coprófagos para el estado de Tabasco (Capello y Halffter, 2019; Darling y Génier, 2018; Moctezuma, 2021; Morón, 2003) (Tab. 1) y Calderón et al, (2022) en los municipios de Centro y Tacotalpa (Tab. 2). Hay poca información sobre su distribución, así como estudios sobre su importancia en la actividad ganadera y el medio ambiente. De ahí la finalidad del presente estudio conocer y generar información sobre la especie *Scarabaeidae* presente la zona ganadera en el trópico húmedo del estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

En el estado de Tabasco predominan las condiciones ambientales del trópico húmedo (Am), (Af) y (Aw), donde se presentan temperaturas promedio de 10-42°C, régimen de lluvia de 2.550 mm anuales y humedad relativa de 80-86%, el suelo predominante es el Gleysol seguido del Acrisol y el Cambisol (INEGI, 2021). Durante los años 2020-2024, se visitaron municipios del estado de Tabasco para la colecta exploratoria de la presencia de escarabajos del estiércol; utilizando la técnica de colecta directa; para ello se revisó directamente el estiércol bovino. Los especímenes colectados se limpiaron con agua corriente para eliminar el exceso de estiércol, seguidamente se secaron y se depositaron en frascos con alcohol al 70 %, etiquetándolo para su traslado al laboratorio de entomología del INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo. Los especímenes colectados se estudiaron morfológicamente, para la identificación se revisaron literatura especializadas de géneros y descripciones de especies (Darling y Génier, 2018; Moctezuma, 2021; Génier y Krell, 2017). Los especímenes se encuentran depositados en el laboratorio del CEHUI.

Resultados y Discusión

En total se colectaron 51 escarabajos, correspondientes a cuatro tribus y seis especies; los especímenes identificados corresponden taxonómicamente a subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) distribuida en el área ganadera del trópico húmedo, de la Región de la Sierra a la planicie de la Región de la Chontalpa del estado de Tabasco, México (Tab. 3). Se observó que la especie con mayor distribución en el Estado es *Digitonthophagus gazella* Fabricius, 1787, seguido de *Euoniticellus intermedius* Reiche, 1849 (Fig. 1), considerados de importancia biológica y ecológica para la ganadería, en el caso su dispersión ha sido de manera natural, constatando los primeros registros de distribución en el área ganadera del trópico húmedo de Tabasco en altitud de 5 a 52 msnm. De igual manera se notó la presencia de especies nativas presentes en las unidades ganaderas visitadas (Tab. 3). *D. gazella* y *E. intermedius* se encontró a 366 msnm en el municipio de Pichucalco, Chiapas.

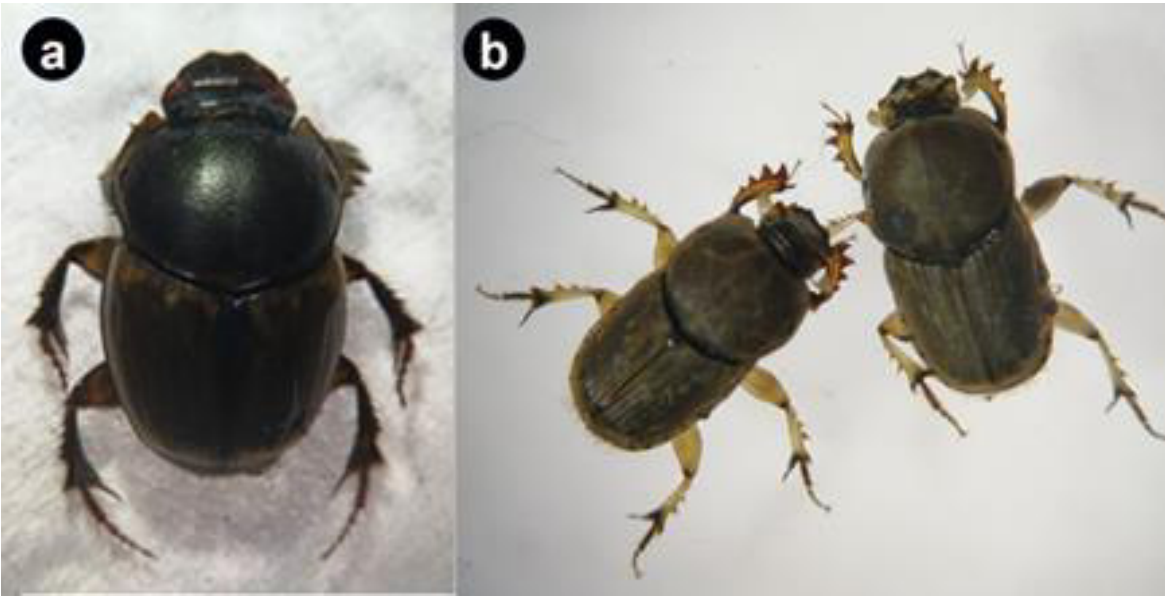


Figura 1. Escarabajos del estiércol; a) *D. gazella*; b) *E. intermedius*

Tabla 4. Especies de escarabajo reportadas para el estado de Tabasco.

Tribu, Subtribu	Género y especie
Scarabaeini: Canthonina	<i>Canthon (Canthon) cyanellus</i> LeConte
	<i>Canthon (Glaphyrocantion) euryscelis</i> Bates
	<i>Canthon (Glaphyrocantion) femoralis</i> Chevrolat
	<i>Deltochilum pseudoparile</i> Paulian
	<i>Deltochilum sublaeve</i> Bates
	<i>Pseudocantion perplexus</i> LeConte
Eurysternini	<i>Eurysternus angustulus</i> Harold
	<i>Eurysternus caribaeus</i> Herbst
	<i>Eurysternus magnus</i> Castelnau
	<i>Eurysternus mexicanus</i> Harold
	<i>Copris laeviceps</i> Harold
Coprini	<i>Copris lugubris</i> Boheman
	<i>Dichotomius colonicus</i> Say
Phanaeini	<i>Phanaeus endymion</i> Harold
Onthophagini	<i>Onthophagus batesi</i> Howden y Cartwright
	<i>Onthophagus crinitus</i> Harold
	<i>Onthophagus rhinolophus</i> Harold

Tabla 5. Especies de escarabajos reportadas para el Centro y Tacotalpa, Tabasco.

Tribu, Subtribu	Género y especie
Scarabaeini:	
Canthonina	<i>Canthon (Canthon) indigaceus chevrolati</i> Harold
	<i>Canthon (Glaphyrocannon) leechi</i> Martinez, Halffter y Halffter
Coprini	<i>Ateuchus candezei</i> Harold
Phanaeini	<i>Coprophanaeus (Coprophanaeus) corythus</i> Harold
Oniticellini:	
Oniticellina	<i>Euoniticellus intermedius</i> Reiche
Onthophagini	<i>Digitonthophagus gazella</i> Fabricius
	<i>Onthophagus aff. anthracinus</i> Harold
	<i>Onthophagus aff. cyclographus</i> Bates
	<i>Onthophagus landolti</i> Harold

Las condiciones edafoclimáticas son propicias para el desarrollo de la ganadería tropical, el cual se ha realizado bajo condiciones extensiva con diferente cobertura vegetal limitadas por cercas vivas, árboles y arbustos aislados.

Tabla 3. Escarabajos coprófagos y su distribución en el estado de Tabasco.

Tribu	Morfoespecie	Municipio
Onthophagini	<i>Digitonthophagus gazella</i> Fabricius, 1787; 4♂ y 21♀	Huimanguillo (Francisco Martínez Gaytán, Agapito Domínguez, Venustiano Carranza, Colonia agrícola El Encomendero). Jalpa de Méndez (Ranchería Benito Juárez 2da. Secc. Ranchería El Río). Balancán (El Faustino). Nacajuca (Sector Cuauhtémoc)
Coprini	<i>Euoniticellus intermedius</i> Reiche, 1849; 1♂ y 3♀	Huimanguillo (Francisco Martínez Gaytán, Ranchería El Puente, Colonia agrícola El Encomendero) Jalpa de Méndez (Ranchería Benito Juárez 2da. Secc.) Nacajuca (Poblado Tapotzingo)
	<i>Copris lugubris</i> Boheman, 1858; 5♂ y 10♀	Balancán (El Faustino) Huimanguillo (Ranchería Caobanal 1ra secc., Colonia agrícola El Encomendero)

	<i>Dichotomius</i> sp. Hope, 1838; 6 especímenes*	Jalpa de Méndez (Ranchería Benito Juárez 2da. Secc.) Huimanguillo (Ranchería Caobanal 1ra secc., Ranchería Otra Banda 2da secc.)
Eurysternini	<i>Eurysternus mexicanus</i> Harold 1869; 1♂	Huimanguillo (Ranchería Otra Banda 2da secc.)
Scarabaeini	<i>Deltochilum lobipes</i> Bates, 1887, 1♂	Huimanguillo (Ranchería Otra Banda 2da secc.)

Nota. *en proceso de identificación

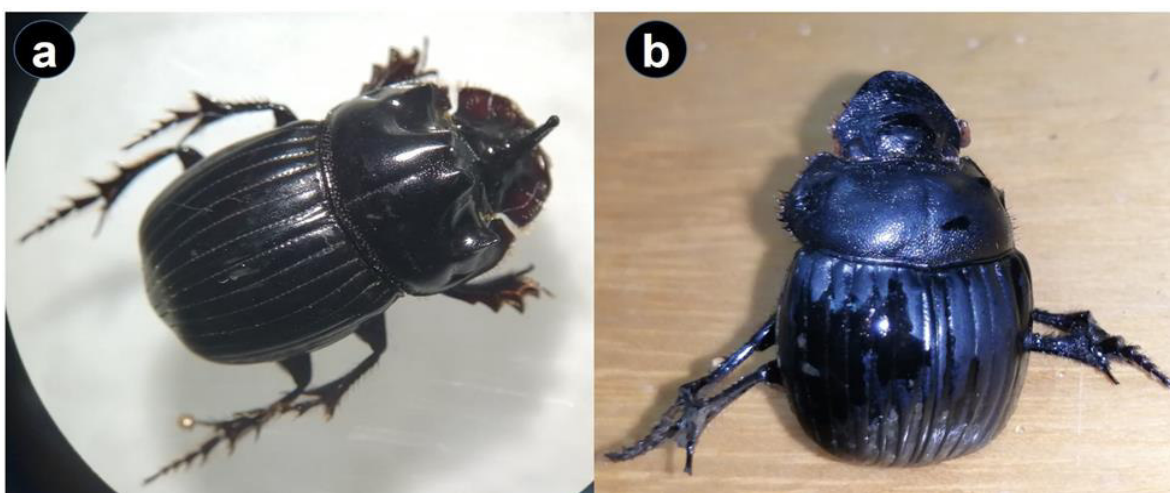


Figura 2. Escarabajos del estiércol; a) *C. lugubris*; b) *Dichotomius* sp.

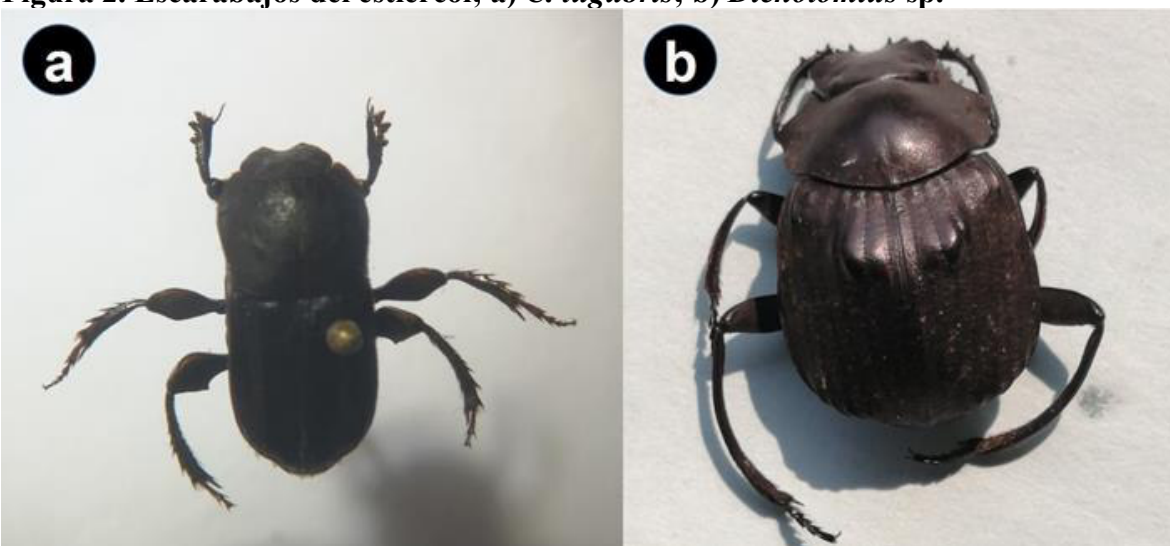


Figura 3. Escarabajos del estiércol; a) *E. mexicanus*; b) *D. lobipes*.

De acuerdo a Morón, (2004) los escarabajos coprófagos son un grupo preponderantemente termófilo e higrófilo, la temperatura y la humedad condicionan su diversidad, por lo que se ha registrado una mayor abundancia y riqueza de especies en zonas cálido-húmedas. En cuanto a la especie invasora *D. gazella* parecen habitar áreas húmedas y cálidas, donde las lluvias son escasas, solo mayores a 60 mm m⁻², temperatura media superior a 30°C (Noriega et al., 2020), sugiriendo que la especie tiene la capacidad de mantener poblaciones viables en condiciones ambientales extremas, factores bióticos pueden haber restringido o facilitado la propagación e invasión, incluyendo la competencia, exclusión y adaptación genética, ya que posee una alta tasa de reproducción y un ciclo corto. Así como alta capacidad de procesar y remover grandes cantidades de estiércol, creando condiciones adversas para la sobrevivencia de helmintos y larvas de moscas hematófagas, al igual se le considera una especie invasora que puede tener implicaciones con las especies nativas (Isaza-López et al., 2015), Por lo que Filho et al, (2018) indican que la invasión de *D. gazella* fue perjudicial para la comunidad nativa de escarabajos peloteros ya que está presente en todos los estados de Brasil, específicamente para las especies que se superponen con *D. gazella* notándose una disminución de la diversidad, cambios en la abundancia y dominancia de las especies nativas; como consecuencia podría causar graves daños a los ecosistemas locales. Noriega et al., (2010) indican que *D. gazella* se limita a áreas con pastos para el ganado, sabanas abiertas de baja elevación, no se le encuentra en el interior del bosque ni en trampas colocado en un bosque cercano. En un caso particular, se notó que en un bosque de palma considerado como “altamente intervenido” por la ganadera de tipo extensiva se encontró un índice de diversidad de 1.68, en donde se contabilizo hasta 33 especies con mayor abundancia (Vidaurre, Gonzales y Ledezma, 2008).

Conclusiones

Se colectaron 51 escarabajos que corresponden a cuatro tribus y seis especies, distribuidas en cinco municipios del estado de Tabasco.

Las especies identificadas fueron *Digitonthophagus gazella*, *Euoniticellus intermedius*, *Copris lugubris*, *Dichotomius* sp., *Eurysternus mexicanus* y *Deltochilum lobipes*.

Los escarabajos invasores *D. gazella* y *E. intermedius* se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas del trópico húmedo del estado de Tabasco.

Literatura Citada

Calderón-Rodríguez, G., Ojeda-Robertos, N.F., Peralta-Torres, J.A., Rodríguez-Vivas, R.I. y Reyes-Novelo, E. 2022. Diversity of Scarabaeinae Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on Cattle Ranches of Tabasco, Mexico. The Coleopterists Bulletin 76: 619-627.

Capello, V. y Halffter, G. 2019. Listado ilustrado de las especies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México. Dugesiana 26 (2): 103-131

Carrillo-Ruiz, H., Guerra-González, I., Sánchez-Carrillo, M., Morón, M. A. y Rivas-Arancibia, S. P. (2017). Fauna de Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) de Calmecha, Tepexco, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 33(2), 251-265.

Darling, J.D.G. y Génier, F. 2018. Revision of the taxonomy and distribution of the Neotropical *Copris incertus* species complex (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). The Canadian Entomologist 150: 539-577.

Filho, W. M., C. A. H. Flechtman y W. A. C. Godoy y O. N. Bjornstad. 2017. The impact

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by tall, mature cocoa trees. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others further back.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Sánchez-Hernández, G., E. R. Chamé-Vázquez, N. Salas-Suárez y V. M. Noh-Balam. 2022. Los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Quintana Roo, México: Lista anotada de especies y nuevos registros. *Revista Chilena de Entomología* 48 (2): 415-434.

Vidaurre, T., L. Gonzales y M. J. Ledezma. 2008. Escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Palmar de las Islas, Santa Cruz-Bolivia. *Kempffiana*. 4(1): 3-20.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Resumen

¹ 1Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-CIRPAS-INIFAP.

2Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

3†Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: martinez.fernando@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Introducción

Materiales y métodos

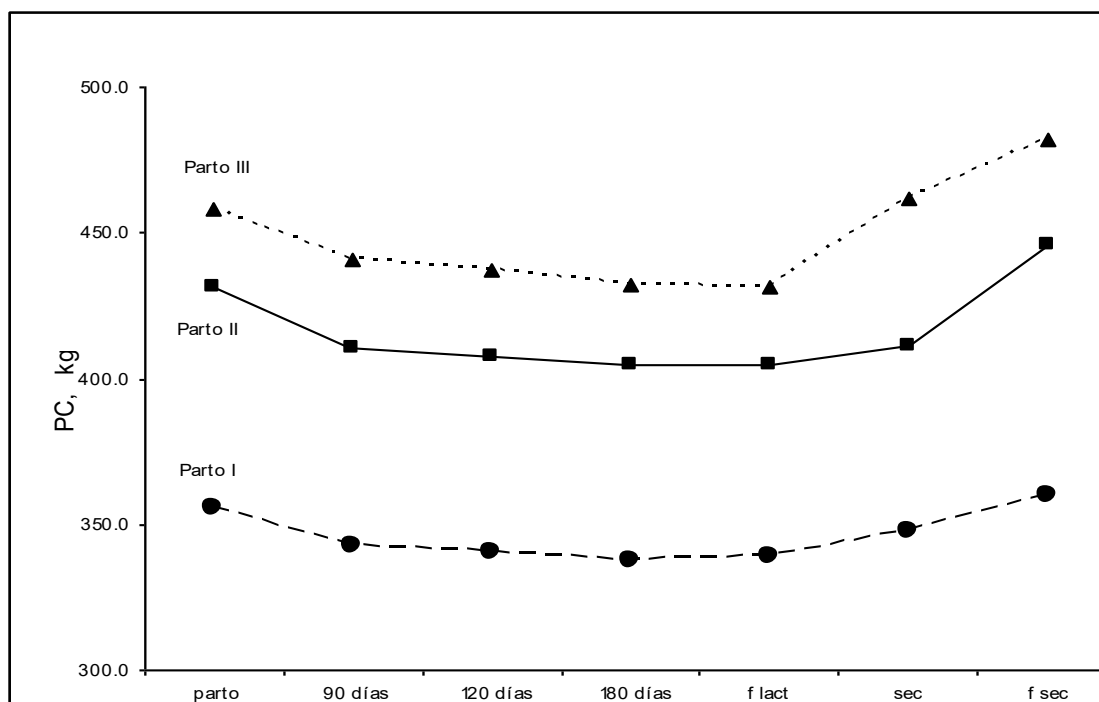
Los datos se obtuvieron del hato de doble propósito perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, situado en H. Cárdenas, Tabasco, México. El clima de la región es tropical húmedo con temperatura media mensual de 26 °C, y temperaturas superiores a 36 °C durante el día en primavera, verano y gran parte del otoño. La

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

Los datos correspondieron a 66 vacas de diferentes partos ocurridos en un periodo de evaluación de 19 meses consecutivos. Al momento del parto, las vacas se pesaron (PCp) y se valoró su CC (CCp), repitiéndose esta evaluación cada 15 días durante la lactancia y el periodo seco. La CC, se valoró basándose en el esquema desarrollado por Edmondson *et al.* (1989) empleando la escala de 1 a 5, con aproximaciones de medio punto (0.5). Se obtuvieron

sistemas evaluados. Respecto al cambio de peso corporal de los animales a los 90 días, Silva *et al.* (1985) reportaron pérdidas de 22, 12, 17, 25, y 32 kg en promedio del primero al quinto parto, respectivamente. Mientras que Aguilar-Pérez *et al.* (2001) reportaron perdidas entre 8.6 y 19.6 kg con y sin complemento, respectivamente. En vacas mestizas F1 (Holstein x Brahman) de primera y segunda lactancia evaluadas entre los 30 y 90 días posparto, se observó una tendencia a perder 0.250 kg animal⁻¹ día⁻¹ (Ruiz-Silvera *et al.*, 1999). En este estudio los PC de las vacas tendieron a bajar en los primeros 90 días de la lactancia, siendo mayor en los animales de segundo y tercer parto (Figura 1). La mayor disminución fue a los 180 días postparto que representó cerca del 5% con respecto al peso corporal al parto para los tres grupos evaluados. En el periodo de secado se observó un incremento de peso en los tres grupos de parto, y hacia el final de este, los animales ya habían recuperado el peso perdido e incluso incrementaron ligeramente (Figura 1).

Figura 1. Peso corporal (PC) de vacas durante la lactancia y el secado con diferente número



de parto.

(f lact=final de la lactancia; sec=secado; f sec=final del secado)

Cambios de condición corporal (CC) durante el posparto.

Las calificaciones de condición corporal al parto (2.5 ± 0.4 , 2.6 ± 0.7 , 2.7 ± 0.6) fueron similares a las reportadas por González *et al.* (1997) y Domínguez (2007) en sistemas de doble propósito; pero inferiores a 3.30 y 3.35 reportadas por Miranda *et al.* (2002) para animales doble propósito, sin y con complemento, respectivamente. González *et al.* (1997) observaron en los diferentes grupos de animales complementados un descenso progresivo en la CC hacia los 90 días posparto, con pérdidas entre 0.4 y 0.6 puntos, independientemente del tratamiento de los animales. Ruiz-Silvera *et al.* (1999) y Holgado *et al.* (2021) registraron una tendencia a perder 0.7 puntos de CC hasta los 120 días posparto en vacas mestizas F1 (Holstein x Brahman) y hasta los 35 días posparto en vacas de raza criollo argentino. En este estudio, la mayor pérdida de CC se presentó durante los primeros 90 días y se mantuvo baja hasta el final de la lactancia. Los tres grupos con diferente número de parto se recuperaron durante el secado (Figura 2), pero los grupos de segundo y tercer parto presentaron ganancias de CC mayor hacia el final del secado.

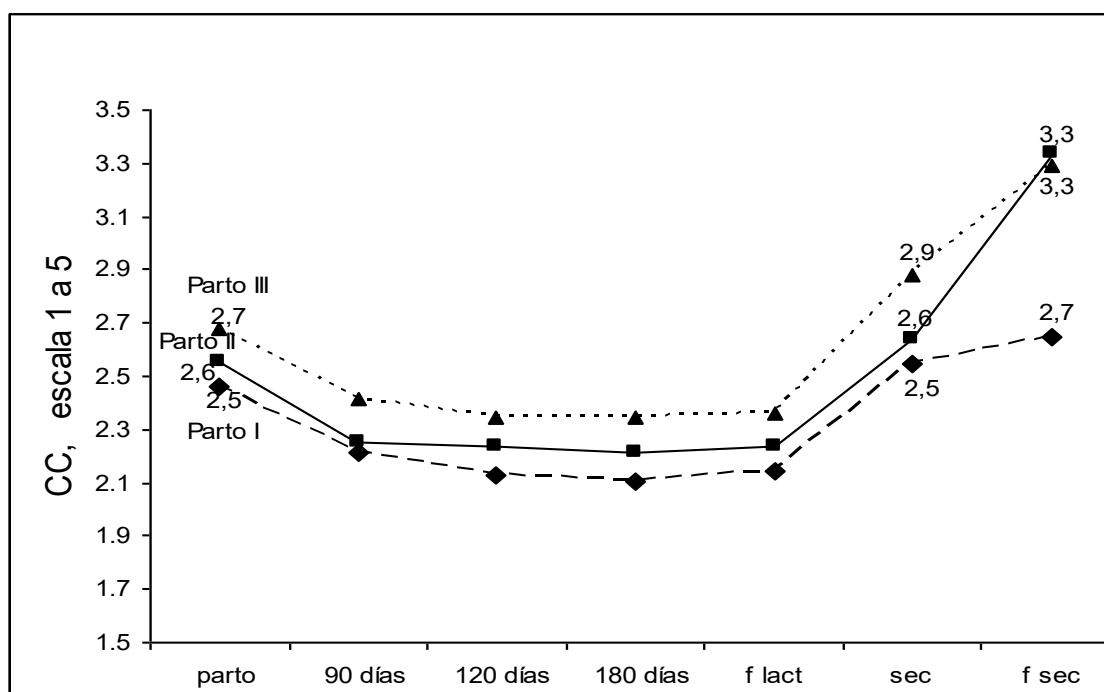


Figura 2. Condición corporal (CC) de vacas durante la lactancia y el secado con diferente número de parto. (f lact=final de la lactancia; sec=secado; f sec=final del secado)

Las vacas *B. taurus* x *B. indicus* redujeron su PC y CC durante los primeros 90 días del posparto, como ocurre en las razas de zonas templadas de mayor nivel de producción. Esta similitud puede deberse a variaciones en la disponibilidad y calidad de alimento durante este estudio, lo que no permitió cubrir adecuadamente las necesidades energéticas durante la lactación; obligando a las vacas a remover las reservas corporales para su mantenimiento (Arce-Resinos *et al.*, 2017). Los resultados del presente estudio sugieren que la pérdida de peso y condición corporal de las vacas de doble propósito *Bos taurus* x *Bos indicus* en el trópico húmedo es debida a las variaciones en la disponibilidad, nivel y calidad alimenticia; y por consecuencia, a estados variables de nutrición durante la lactancia. Tal vez, la calidad del pasto no proporcione los nutrientes necesarios, lo cual implicaría suplementar una dieta balanceada con forrajes, concentrados o minerales para mantener su peso y condición corporal. Además, la presencia de parásitos y otras infecciones consigue afectar significativamente la salud y pueden causar pérdida de peso y deterioro de la condición corporal. Así mismo la cantidad de vacas por hectárea puede influir en la disponibilidad de pasto y agua, reduciendo la calidad y cantidad disponible para mantener la salud. Todos estos factores deben ser gestionados de manera integral para asegurar que las vacas mantengan un peso y condición corporal óptimos durante el pastoreo. Aunque es probable que la alimentación sea el factor responsable de la pérdida de peso y de condición corporal, existen otros factores en el manejo general, nutricional y sanitario (Peralta-Torres *et al.*, 2022) que pueden actuar como moduladores de esta pérdida. Esta es especialmente importante en sistemas de producción en base a pastoreo, por lo que la energía obtenida a partir de las reservas movilizadas adquiere especial importancia (Mariscal y Mariscal 2022). La eficiencia para la recuperación de reservas corporales depende de la concentración energética de la dieta y del estado fisiológico del animal; en condiciones de pastoreo, esta eficiencia es aproximadamente del 60% si la recuperación sucede durante la lactancia, y del 47% si se logra durante el período de secado (Holmes 2002).

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

-
- A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

4. Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 68-78.
5. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. Edición. México D. F. 217 p.
6. González, A., C. Domínguez, J. A. Ureña y K. Zahalka. 1997. Suplementación con dietas basadas en recursos locales en vacas post-parto de doble propósito en el paisaje colinoso del estado Guárico-Venezuela. I. Efecto sobre la producción de leche. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5 (Supl. 1): 147-150.
7. Holgado, Fernando Daniel, Maria Florencia Ortega Masague y Jorge Luis Fernandez. 2021. "Dinámica Anual De Peso Y condición Corporal En Vacas De Raza Criollo Argentino". *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal* 29 (3-4), 119-27. <https://doi.org/10.53588/alpa.293405>.
8. Holmes, Collin William. 2002. Milk production from pastures. Massey University, Palmerston, New Zealand. 602 p.
9. Khalil, R. y Vaccaro L. 2002. Peso y mediciones corporales en vacas de doble propósito: su interrelación y asociación con valor genético para tres características productivas. *Zootecnia Trop.* 20(1): 11-30.
10. Mackinnon, M. J., D. J. S. Hetzel and J. F. Taylor. 1989. Genetic and environmental effects on the fertility of beef cattle in a tropical environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 1085-1097.
11. Mariscal Padilla CA y Mariscal Gutierrez AC. 2022. Influencia de la condición corporal en la productividad de vacas lecheras. *Recivez UNITEPC.* 1(2):23-39. <https://doi.org/10.36716/unitepc.v1i2.146>
12. Osorio-Arce, MM. y Segura-Correa, JC. 2009. Cambios en el peso corporal durante la lactancia de vacas *B. Taurus x B. Indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico Mexicano. *Revista Científica*, 19(3): 284-287.
13. Peralta-Torres, JA; Izquierdo-Camacho, Y; Severino-Lendecky, VH; Segura-Correa, JC. 2022. Producción de leche de vacas Holstein x Gyr en un sistema de doble propósito en

el trópico. Rev. MVZ Córdoba, 27(1).

14. Rudder T H., G. W. Seifert and H. M. Burrow. 1985. Environmental and genotype effects on fertility in a commercial beef herd in central Queensland. Aust. J. Exp. Agric. 25: 489-496.

15. Ruiz-Silvera C., H. F. Messa, G. Piñero, A. Guerra, J. F. Ceiba y A. Escobar. 1999. Experiencias de manejo de bovinos de doble propósito en un modelo físico de agricultura tropical sostenible. In Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (1., 25-27 oct, Cali, Colombia). Memorias. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

16. SAS Institute Inc. 2017. SAS/STAT® 14.3 User's Guide: The Mixed Procedure. North Carolina, USA. SAS Institute Inc. 213 p.

17. Segura-Correa, V. M., S. Anderson, R. R. Delgado-León y J. C. Segura-Correa. 2001. Efecto del destete temporal en el comportamiento reproductivo postparto de vacas de doble propósito bajo condiciones tropicales. Livestock Research for Rural Development (13) 1.

18. Silva, C. G., N. Martínez y O. Verde. 1985. Peso al parto y noventa días postparto en vacas lecheras de la zona alta de Venezuela. Zootecnia Tropical. 1: 23-30.

ESPECIES FORESTALES PARA UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN DOS REGIONES AGROECOLÓGICAS EN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO

Jorge Quiroz Valiente^{1*}, Lorenzo Granados Zurita¹, Manuel Barrón Arredondo¹, Miguel Ángel Ramírez Guillermo¹, Isabel Cristina Acosta Balcazar² y Jorge Jiménez Méndez³.

Resumen

Los sistemas silvopastoriles son importantes para la biodiversidad y su conservación. Para establecer un sistema silvopastoril es necesario considerar varios factores, como el clima, la topografía, la disponibilidad de agua y el tipo de suelo. Además, se requiere una cuidadosa planificación del diseño del sistema, incluidas la selección de especies de árboles y pasturas, la densidad de siembra, la distribución del área y el manejo de la ganadería. El objetivo de este proyecto fue evaluar el desarrollo de especies de rápido crecimiento como *Acacia mangium* (Acacia) y *Gmelina arborea* (Melina) en dos regiones agroecológicas (sabana y vega de río) en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. El proyecto se desarrolló en predios particulares dedicados a la ganadería: El sitio 1 se ubicó en la R/A Sánchez Mármol, con una superficie de 1.5 ha que presenta suelos planos y de tipo acrisoles (sabana) y con pasto Humidícola (*Uroclhoa humidicola*). En este sitio se utilizó *Acacia mangium*. El sitio 2 se ubicó en la R/A Caobanal 1ª sección, se utilizaron dos parcelas de 9,350 m², con suelos planos de tipo fluvisoles (vega de río). Una de las parcelas quedaba en zona baja con pasto Mulato y la otra en la zona alta con pasto Chontalpo, la especie utilizada fue *Gmelina arborea*. Los muestreos de altura en el sitio 1 se realizaron a los 6.1, 12.7 y 31.1 meses después del establecimiento y en el sitio 2 se tomaron a los 5, 8 y 12 meses. Los datos de crecimiento se analizaron mediante un análisis de estadística descriptiva y gráfico. También se ajustó un modelo de regresión para estimar el desarrollo diario de los árboles. El crecimiento inicial, en el sitio 1, fue de 27.5 cm por mes y entre los 6 y los 12 meses disminuyó alcanzando solo 18.1 cm por mes. En el sitio 2, el desarrollo de árboles, a los 12

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Huimanguillo. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas. ³Universidad Popular de la Chontalpa. *Autor de correspondencia: quiroz.jorge@inifap.gob.mx

meses, superó los 400 cm sin sombra, pero en los árboles con sombra no alcanzó los 100 cm. Se concluye que el crecimiento de ambas especies es similar al año de edad y ambas especies son opciones viables para los tipos de suelo estudiados.

Palabras clave: *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, crecimiento, altura.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles se destacan por los beneficios que recibe tanto el ambiente como la producción ganadera. Estos sistemas combinan árboles, pastos y ganado en una misma área, generando un entorno de producción sostenible que ofrece numerosos beneficios ecológicos y económicos.

La presencia de árboles en los sistemas silvopastoriles contribuye a la biodiversidad, proporcionando hábitats para diversas especies de fauna y flora (Chará y Chará 2020). Esto puede crear un ecosistema más equilibrado y resiliente. La sombra proporcionada por la capa arbórea ayuda a reducir el estrés térmico en el ganado, estimulando la producción de leche y carne. Además, los árboles actúan como barreras contra el viento y la lluvia, por lo que ofrecen un ambiente más seguro y confortable para los animales. Las raíces profundas y extendidas de los árboles ayudan a estabilizar el suelo, reduciendo la erosión y mejorando la estructura del suelo (Romero et al., 2020). Esto es especialmente beneficioso en terrenos inclinados o propensos a la erosión.

Aunque no son la principal fuente de alimento, las hojas y vainas de los arbustos y árboles pueden ser utilizadas como forraje y complementar la dieta del ganado durante las temporadas de escasez de pasto. Asimismo, los sistemas silvopastoriles contribuyen a la captura de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático. También mejoran la infiltración de agua en el suelo, reduciendo el riesgo de inundaciones y mejorando la disponibilidad de agua para las plantas y el ganado. Algunas especies son valoradas por su rápido crecimiento y la calidad de su madera, que puede ser utilizada para la fabricación de muebles, papel y otros productos de madera. La biomasa producida también puede ser utilizada como combustible o para la producción de composta.

En este contexto, la integración de especies arbóreas como *Acacia mangium* (Acacia) y *Gmelina arborea* (Melina) ha ganado relevancia debido a sus propiedades y contribuciones específicas al sistema (Fonseca et al., 2021). Acacia es una especie de rápido crecimiento, ampliamente reconocida por su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo gracias a su asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno como las del género *Rhizobium* (Penna, 2017). Esta capacidad no solo enriquece el suelo, sino que también aumenta la productividad de los pastos, proporcionando una fuente de alimento más nutritiva para el ganado. Además, su resistencia a condiciones adversas la convierte en una opción ideal para sistemas silvopastoriles en regiones tropicales (Maya et al., 2022).

Por otro lado, Melina es valorada por su madera de alta calidad y su rápido crecimiento, lo que permite obtener productos maderables en plazos relativamente cortos. Esta especie también proporciona sombra y protección al ganado, mejorando su bienestar y productividad. La integración de Melina en sistemas silvopastoriles contribuye a la diversificación de ingresos para los productores, quienes pueden beneficiarse tanto de la producción maderera como de la ganadera (Ortiz et al., 2023).

Debido a lo anterior, la combinación de Acacia y Melina en sistemas silvopastoriles ofrece una estrategia efectiva para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de la producción agropecuaria, convirtiéndose en una opción viable para agricultores en regiones tropicales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el establecimiento de árboles de Acacia y Melina en dos regiones agroecológicas (sabana y vega de río) en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en dos sitios del municipio de Huimanguillo, Tabasco. La zona cuenta con clima cálido húmedo con lluvias en verano, con promedio de 1,696 mm al año y de 27 °C de temperatura.

Sitio 1

Ubicación y área de estudio

El primer estudio se realizó en un rancho privado ubicado en la Ranchería Sánchez Mármol. El área utilizada fue una parcela de 1.5 ha (120 x 125 m), de suelos planos clasificados como acrisoles (sabana) y con pasto *Urochloa humidicola* (Humidícola). La parcela fue dividida en tres franjas de 40 x 125 m y el componente arbóreo se conformó por la especie maderable *A. mangium* (Acacia), debido a su potencial de adaptación a la zona y a su rápido crecimiento y desarrollo.

Establecimiento

La siembra de los árboles se realizó el 15 de noviembre de 2019. Las plantas presentaron una altura promedio de 50 cm. El diseño de siembra consistió en franjas (4 franjas para árboles y 3 para pasto). En las franjas arbóreas (3 x 125 m), se utilizó la especie de Acacia y se situaron dos hileras a lo largo de la franja con una separación de 3 m entre hileras. En la franja de pasto (40x125 m), se utilizó el pasto Humidícola y se situó a lado de las franjas arbóreas. Durante el establecimiento, los árboles no recibieron fertilización y se les protegió con cerco eléctrico.

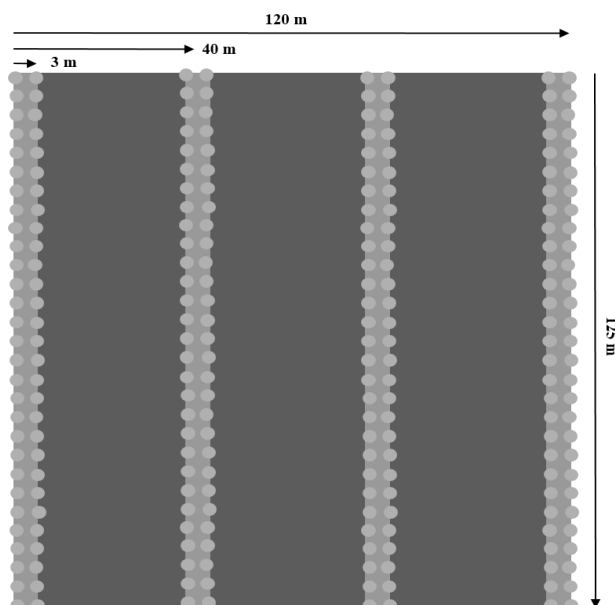


Figura 1. Croquis del arreglo de siembra de árboles de *Acacia mangium*.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.



Figura 2. Siembra de árboles de *G. arbórea*

Muestreo

La altura de los árboles se midió a los 5, 8 y 12 meses después del establecimiento con la ayuda de un estadal topográfico durante los primeros meses y posteriormente se utilizó un clinómetro, para medir el ángulo y calcular la altura de los árboles. . En cada muestreo se elegían al azar 10 árboles de cada franja, por lo que al final se obtenían 30 mediciones por muestreo en cada parcela.

Animales y pastoreo

En el pastoreo participaron 18 vacas en producción de la cruce 5/8 suizo y 3/8 cebú con un promedio de peso vivo de 450 ± 12 k. El pastoreo fue rotacional intensivo, con un día de ocupación y 25 días de descanso.

Análisis estadístico

No se hizo ningún análisis comparativo. Los datos de crecimiento para todos los sitios fueron sometidos bajo el enfoque de la estadística clásica, donde se realizaron gráficos de líneas o cuadros para relevar tendencias. También se ajustó un modelo de regresión para estimar el crecimiento diario de los árboles.

Resultados y Discusión

Sitio 1

En el sitio 1, la mortalidad de las plantas, durante los primeros seis meses, fue de 18 %. El porcentaje esperado era 10 %, sin embargo, la falta de atención durante la época de pandemia ocasionó el incremento de la mortalidad.

En la Figura 3, se presenta la altura promedio que tuvieron los árboles a los 6.1, 12.7 y 31.1 meses y el comportamiento del crecimiento por mes entre cada medición. El crecimiento inicial fue de 27.5 cm y el crecimiento entre los 6 meses y el año de edad disminuyó alcanzando únicamente 18.1 cm por mes y posteriormente el crecimiento promedió 32 cm mensuales.

El ajuste del modelo de regresión fue de $R^2=0.92$ y el valor de la pendiente fue de $\beta=9.45$ ($P<0.05$). Estos resultados indican que, hasta los 964 días de establecimiento, el crecimiento es lineal y tienen un crecimiento promedio por día de 9.45 cm.

El crecimiento promedio durante los primeros seis meses fue menor al que lograron las plantas posteriormente. Esto podría deberse a que, después de la siembra (noviembre), las épocas de nortes y sequía disminuyen el potencial de crecimiento de los árboles debido a las temperaturas extremas que se presentan en cada época.

En un estudio realizado en Colombia, donde se realizó la siembra de Acacia en varios tipos de suelo, el crecimiento promedio a los 12 meses fue de 312 cm, superior al logrado en este trabajo sin aplicar fertilización; aunque en ese estudio, también hubo sitios en que el crecimiento de los árboles fue de 273 y 269 cm en promedio (Pastrana et al., 2012), inferiores a los obtenidos en este trabajo en el que no se aplicó fertilización. Por otra parte, es importante considerar el tipo de suelo pues es un factor determinante en el crecimiento de los árboles (Pérez et al., 2019).

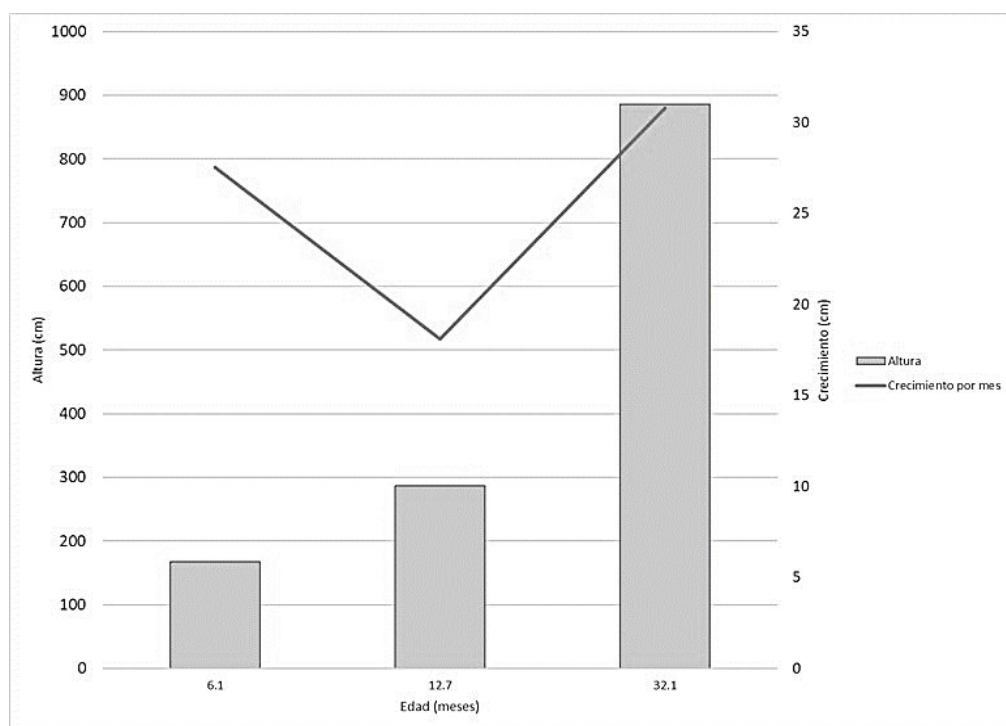


Figura 3. Altura de *Acacia mangium* en tres edades (cm) y crecimiento mensual por muestreo (cm).

Sitio 2

En el segundo sitio de investigación, el crecimiento de los árboles fue muy diferente entre las parcelas. Los árboles que tenían sombra tuvieron menor altura que los que se sembraron en zona alta. Este es un resultado importante para las resiembras que se establecen en los sistemas silvopastoriles. Los resultados de crecimiento se pueden observar en la figura 4.

El crecimiento de la Melina, a los 12 meses, superó lo 400 cm sin sombra, pero en los árboles con sombra el crecimiento no alcanzó los 100 cm. En estudios realizados en siembras comerciales, la Melina alcanza una altura similar con un buen rendimiento productivo (Martínez et al., 2015).

El crecimiento de los árboles forestales, como la Melina, puede verse afectado por la cantidad de luz solar que recibe. Esto fue muy evidente en la siembra que se realizó en la zona con sombra.

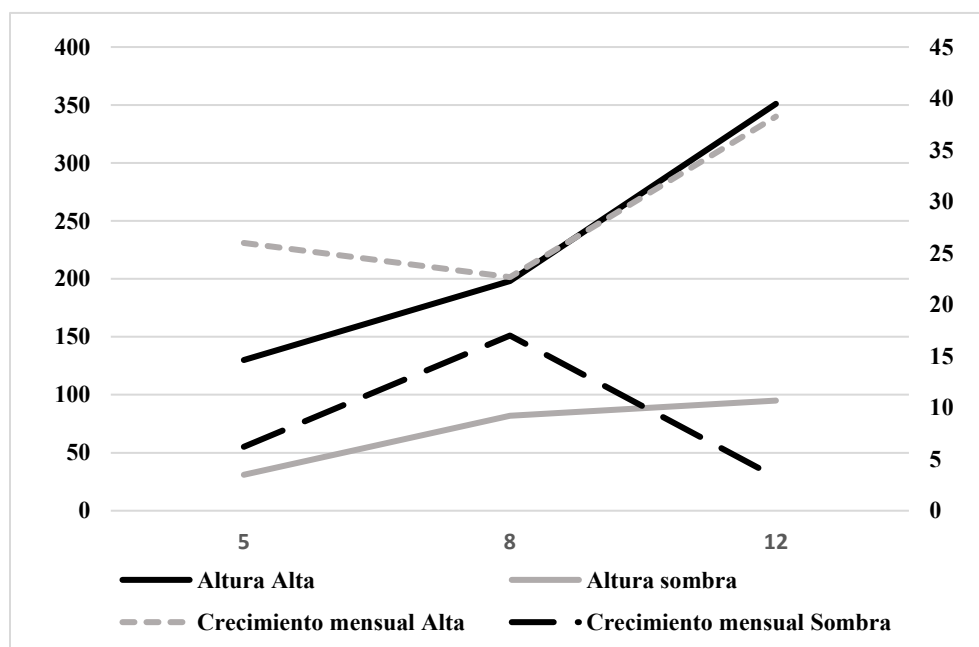


Figura 4. Altura de *G. arborea* en tres edades (cm) y crecimiento mensual por periodos (cm), establecidas en la zona alta y bajo sombra. Altura; eje izquierdo, crecimiento; eje derecho.

Las especies de sucesión secundaria avanzada, son de crecimiento lento, pero pueden alcanzar dimensiones mayores a los 25 m de altura y 1 m de diámetro del fuste. Son tolerantes a la sombra y necesitan de la protección de las especies pioneras inicialmente (Hernández et al., 2015), el caso de las especies de rápido crecimiento como la Melina, se ven más afectadas.

Conclusión

El crecimiento de ambas especies es similar al año de edad y ambas especies son opciones viables para los tipos de suelo estudiados para utilizarse en sistemas silvopastoriles.

El crecimiento de la Melina al año supero lo 400 cm sin sombra, pero en los árboles con sombra el crecimiento no alcanzó los 100 cm.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Pastrana, V. I. J., Espitia, C. M. y Murillo, G. O. 2012. Evaluación del potencial de mejoramiento genético en el crecimiento en altura de *Acacia mangium* Willd. Acta Agronómica 61:143-150.

Penna, C. H. 2017. Evaluación fisiológica de las especies forestales Abarco (*Cariniana pyriformis miers*), Melina (*Gmelina arborea roxb*) y Acacia (*Acacia mangium wild*) como alternativa en sistemas silvo pastoriles en el municipio de San José del Fragua Caquetá.

Pérez, B. Y. L., Ríos, A. C. y Díaz, H. I. 2019. Relaciones morfométricas en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en dos regiones de Villa Clara. Centro agrícola 46:30-38.

Romero, D. G., Echevarría, R. M., Trillo, Z. F., Hidalgo, L. V., Aguirre, T. L., Robles, R. R. y Núñez, D. J. 2020. Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. Rev. Invest. Vet. del Perú 31.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

alternativa viable y sostenible para fitorremediar suelos degradados por la contaminación por la industria extractiva del PC en el estado de Tabasco.

Palabras clave: Hidrocarburos totales del petróleo, toxicidad, biomasa, leguminosa

Introducción

El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos, conformada por cuatro fracciones, alifáticos, aromáticos, resinas y asfaltenos (Zhang *et al.*, 2021). La contaminación del suelo con hidrocarburos del petróleo ha llamado la atención pública en las últimas décadas, debido a que se relaciona con los derrames derivados de la extracción y conducción del petróleo, los cuales cubren las necesidades de la población a nivel mundial sobre los combustibles fósiles (Riskuwa-Shehu *et al.*, 2017). La remediación de suelos a través del uso de plantas ha sido validada por diversos científicos en el mundo (Hussain *et al.*, 2019; Kiamarsi *et al.*, 2021) quienes informan que diversas especies vegetales tienen la capacidad de crecer y resistir al estrés en suelos contaminados con petróleo crudo, lo que permite utilizarlas en la remediación de sitios contaminados. Entre las plantas reportadas que se adaptan a situaciones de estrés se mencionan a las leguminosas. Ellas son de la familia Fabaceae y ocupan el tercer lugar de plantas con flores más grande a nivel mundial, cuya importancia ecológica radica en los sistemas naturales, en la agricultura y en los procesos de fitorremediación (Chouychai *et al.*, 2018; Sprent *et al.*, 2017).

La importancia de las leguminosas en el sistema terrestre es la obtención de nitrógeno en forma reducida a través de la fotosíntesis (Wang *et al.*, 2022). Las leguminosas se consideran un grupo funcional de plantas únicas por su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (N_2) al formar nódulos en las raíces (Goh *et al.*, 2016), donde bacterias de asociación simbiótica del género *Rhizobium* son capaces de fijar N_2 para convertirlo a forma asimilable para las plantas (Guzmán y Montero, 2021). Cabe destacar que las especies de leguminosas difieren de forma considerable en cuanto a su crecimiento y morfología de brotes (Roscher *et al.*, 2015).

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Trabajo en laboratorio: Al completar la etapa de fructificación de *C. incana* y *C. pallida* se determinó el número y biomasa de nódulos (CIAT, 1988). El número de nódulos se realizó por conteo directo, separando los nódulos de cada una de las raíces de las 40 plantas que integran las unidades experimentales, se lavaron con agua destilada, para quitar cualquier residuo de suelo, se contaron, se colocaron en cajas Petri y se pesaron en balanza analítica (marca Ohaus Pioneer) para obtener los valores de biomasa fresca (mg).

Índices de toxicidad: Los índices de toxicidad (IT) se calcularon para cada una de las variables evaluadas en nódulos (número y biomasa), aplicando la fórmula adaptada de Rusan *et al.* (2015), con base en la siguiente ecuación:

$$IT = \frac{Tc}{Tt}$$

Donde *Tc* corresponde al tratamiento contaminado con diferentes dosis de petróleo crudo y *Tt* es el tratamiento testigo (sin contaminación). Los valores de IT oscilan entre 0 y 1, donde un valor menor a 1 significa un efecto negativo de la dosis de petróleo frente a la variable respuesta, generando una respuesta tóxica, y un valor por encima de 1 significa un efecto positivo de la variable respuesta frente a la dosis de petróleo, generando una respuesta adaptativa a las condiciones de contaminación.

Análisis estadístico: se realizó un diseño experimental con arreglo factorial completamente al azar (5x2, n=4), se utilizó cinco dosis de petróleo crudo tipo Istmo (0, 3, 15, 30 y 45 g/kg), dos especies vegetales (*C. incana* y *C. pallida*) con cuatro repeticiones. Se corrieron ANOVAS y pruebas de medias de Tukey ($p \leq 0.05$, n=4) utilizando el programa estadístico R Studio versión 4.2.0 (R Core Team, 2022).

Resultados y discusión

Número de nódulos en *C. incana* y *C. pallida*

El ANOVA muestra que las dos variables en estudio de producción nodular en raíces de *C. incana* y *C. pallida* presentan diferencias estadísticas altamente significativas (Cuadro 1). El número de nódulos el factor especie vegetal indicó diferencias significativas, mientras que en la biomasa de nódulos el factor especie vegetal y dosis de petróleo crudo generaron diferencias estadísticas altamente significativas, aunque no se demuestra efecto de interacción en ambos factores de estudio sobre la variable respuesta.

La media del número de nódulos Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas por especie vegetal (Figura 1), donde el mayor número de nódulos en *C. incana* se registró en el suelo con 45 g/kg de petróleo crudo con 565 nódulos, mientras que en *C. pallida* en el suelo sin contaminación se registró la mayor cantidad de nódulos, con 470 nódulos. Las menores cantidades de nódulos se registraron en *C. incana* en la dosis de 3 g/kg de petróleo y en *C. pallida* expuesta a dosis de 30 g/kg de petróleo, con 428 y 179 nódulos respectivamente.

Cuadro 1. Análisis de varianza del diseño factorial completamente al azar para la medición de variables de producción nodular en *C. incana* y *C. pallida*.

Variable	Petróleo crudo (PC)	Planta (P)	PC*P
Número de nódulos	0.315	$4.1 \times 10^{-5***}$	0.298
Biomasa de nódulos	$1.9 \times 10^{-6***}$	$1.3 \times 10^{-5***}$	0.0546

***Altamente significativo.

En un estudio realizado por Pourbabaee *et al.* (2021) en condiciones de invernadero encontraron que, en la leguminosa alfalfa, la contaminación del suelo por hidrocarburos del petróleo redujo significativamente el número de nódulos de las raíces respecto al tratamiento control (sin contaminación). Además, mencionan que el nivel de daño causado por los hidrocarburos del petróleo depende del tipo de contaminante, específicamente los compuestos aromáticos y el petróleo crudo.

Kuzina *et al.* (2022) registraron un decremento en la nodulación de alfalfa en 2.4 veces en suelo contaminado con petróleo respecto al suelo control; en este estudio la especie vegetal *C. incana* registró un incremento en la nodulación de 0.93 veces del suelo contaminado con 45 g/kg de petróleo respecto al suelo testigo (sin contaminación), mientras que en *C. pallida* la nodulación fue irregular en función de la dosis de contaminante, se registró una reducción de 1.63 veces en el número de nódulos en suelo testigo frente al suelo con 45 g/kg de petróleo.

Chouychai *et al.* (2018), en un experimento realizado con la leguminosa tropical *Psophocarpus tetragonolobus*, demostraron que el fluoreno y pireno, en concentraciones de 124.5 y 98.4 mg/kg respectivamente, afectaron la nodulación, reduciendo el número de nódulos a los 30 y 60 días de exposición a dichos contaminantes respecto al suelo sin contaminación, similar a lo registrado en *C. pallida*, reduciendo significativamente el número de nódulos en todos los tratamientos contaminados con petróleo crudo comparados con el tratamiento testigo.

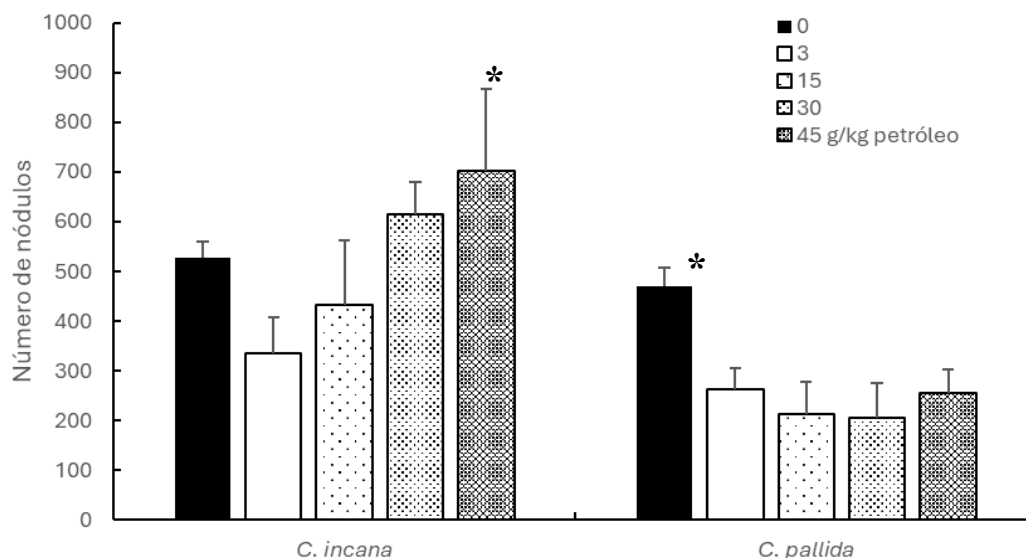


Figura 1. Número de nódulos en *C. incana* y *C. pallida* expuestas a diferentes dosis de petróleo crudo.

*Medias de tratamientos con diferencias estadísticas significativas Tukey ($p \leq 0.05$, $n=4$).

Alarcón *et al.* (2019) demostraron que *Clitoria ternatea* logró nodular en suelos contaminados con hasta 6 000 mg kg⁻¹ de petróleo crudo a los 240 días de exposición, mientras que las especies de *Crotalaria* utilizadas en esta investigación estuvieron expuestas a 154 días en diferentes dosis de contaminación, donde *C. incana* fue la especie más tolerante al estrés y recuperando la nodulación e incrementándola respecto al suelo testigo y en comparación con *C. pallida*.

Biomasa de nódulos en *C. incana* y *C. pallida*

Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas por especie vegetal y dosis de petróleo (Figura 2). La mayor biomasa de nódulos en *C. incana* y *C. pallida* se registraron

en

el tratamiento testigo, con 12 052 g y 11 938 mg, respectivamente, mostrando evidencia del efecto negativo ocasionado por el incremento de la concentración de petróleo en suelo.

En un estudio realizado por Quiñones *et al.* (2021) de la leguminosa *Lupinus albus* encontraron que, al estar expuesta en suelos contaminados con diferentes concentraciones de Hg, la nodulación es inhibida en concentraciones de hasta 21 845 $\mu\text{g g}^{-1}$ Hg total, mientras que la biomasa de nódulos se incrementa en concentraciones que van de 2 622 $\mu\text{g g}^{-1}$ Hg total hasta los 21 845 $\mu\text{g g}^{-1}$ Hg total, mostrando evidencia que aunque el número de nódulos se reduce conforme incrementa la contaminación, el tamaño de los nódulos es más grande. En esta investigación, *C. incana* registró un comportamiento inverso, donde las mayores dosis de petróleo estimularon la nodulación, pero sus tamaños fueron pequeños lo que reflejó valores bajos de biomasa, siendo la dosis de 45g/kg de petróleo donde menor biomasa se registró, con 7 595 mg de nódulos, siendo 1.59 veces menor frente al suelo testigo.

Por otro lado, el comportamiento de *Crotalaria pallida* muestra alta sensibilidad a la contaminación, ya que conforme incrementa la concentración de petróleo, el número y tamaño de nódulos es más pequeño, registrando el valor más bajo de biomasa en la dosis de 30 g/kg de petróleo con 3 992 mg de nódulos, generando una disminución de 2.99 veces respecto al suelo testigo. Los resultados obtenidos son similares a los registrados por Razafintsalama *et al.* (2021), quienes evaluaron cuatro especies de leguminosas (maní, *Mucuna pruriens*, *Vigna unguiculata* y *Crotalaria spectabilis*), donde *C. spectabilis* y *V. unguiculata* presentaron los menores valores de biomasa promedio.

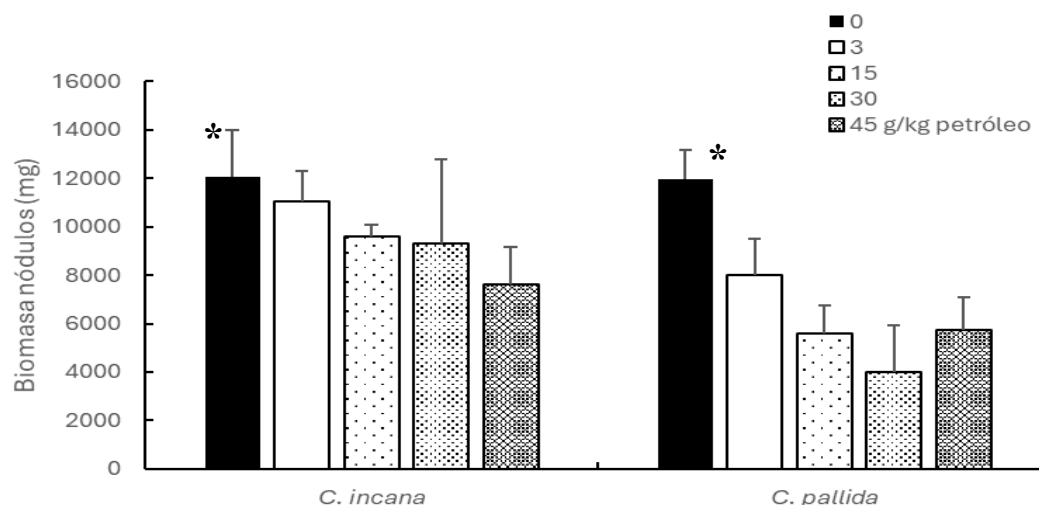


Figura 2. Biomasa de nódulos en *C. incana* y *C. pallida* expuestas a diferentes dosis de petróleo crudo.

*Medias de tratamientos con diferencias estadísticas significativas Tukey ($p \leq 0.05$, $n=4$).

Estudios previos refieren que la actividad microbiana de los rizobios, específicamente *Rhizobium*, ayudan significativamente al rendimiento de plantas, incrementando la biomasa vegetal, así como la productividad nodular, tanto en número como en biomasa, al realizar un experimento en la leguminosa *Trifolium repens* (Fields *et al.* 2021) y, en otro experimento con *Phaseolus vulgaris* se incrementó el número y biomasa de nódulos, así como la acumulación de nitrógeno por la simbiosis con *Rhizobium* (Jesus *et al.*, 2018).

Índices de toxicidad *C. incana* y *C. pallida*

En la figura 3 se expresan los índices de toxicidad para las variables estudiadas, observando diferencias estadísticas altamente significativas en las especies vegetales, siendo el número de nódulos de *C. incana* la variable que superó el valor de 1 en el índice de toxicidad, lo que supone una adaptación en dosis de hasta 45 g/kg de petróleo crudo, incrementando dicha adaptación 0.76 veces respecto a la dosis de 3g/kg de petróleo, mientras que la biomasa de nódulos en todos los tratamientos tuvo valores por debajo de 1, presentando un efecto tóxico

frente a las dosis de contaminante. En *C. pallida* todas las dosis de petróleo afectaron tanto el número como la biomasa de nódulos, por lo que puede ser considerada como una especie sensible a la contaminación por su alta respuesta tóxica.

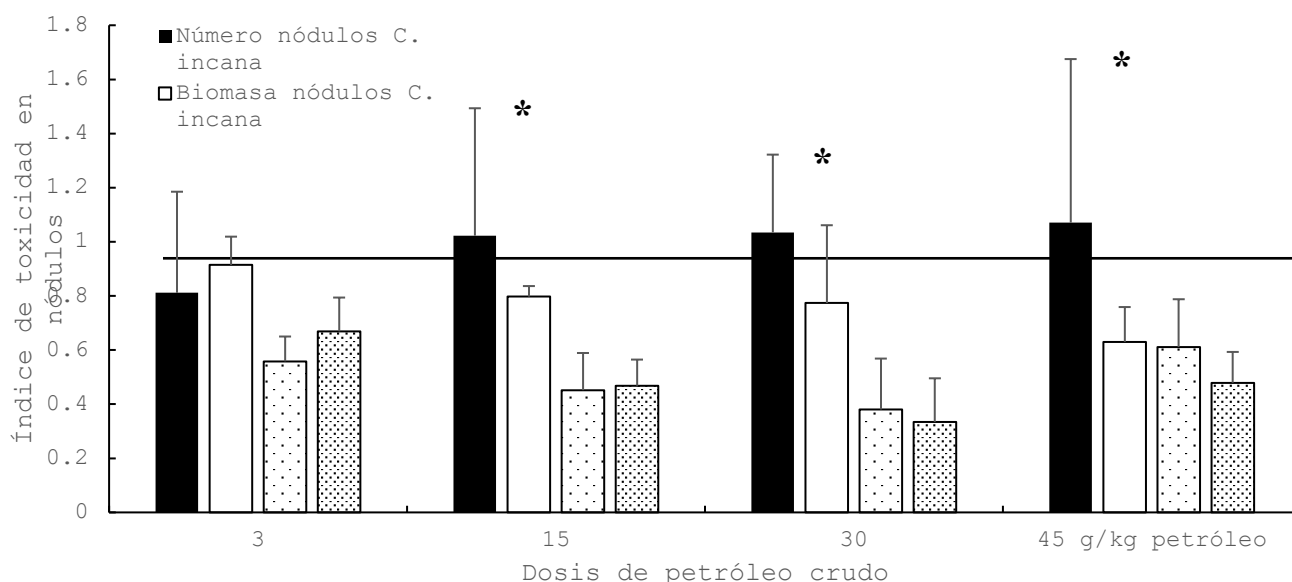


Figura 3. Índices de toxicidad según número y biomasa de nódulos de *C. incana* y *C. pallida*.

*Medias de tratamientos con diferencias estadísticas significativas Tukey ($p \leq 0.05$, $n=4$).

Vázquez-Luna (2015) reportó que dos especies de leguminosas (*C. incana* y *L. leucocephala*) tuvieron comportamientos distintos en los índices biológicos de toxicidad, donde *C. incana* mostró sensibilidad en dosis de 1 700 mg/kg de HTP, mientras que *L. leucocephala* registró tolerancia en 10 000 mg/kg de HTP recomendando esta concentración como adecuada para pruebas de remediación, a diferencia de esta investigación, donde la mayor tolerancia se registró en *C. incana* en dosis de 15, 30 y 45 g/kg de petróleo crudo.

Conclusiones

Dosis de petróleo crudo entre 3 y 45 g/kg en suelo influyen en la formación de nódulos en las dos especies de *Crotalaria*, pero el efecto es mayor en *C. pallida* por la marcada disminución en el número y biomasa de nódulos expuesta hasta 45 g/kg de petróleo crudo, por lo que se puede considerar una especie sensible a la contaminación, mientras que *C. incana* registró un comportamiento distinto, ya que el número de nódulos se incrementó 0.93 veces en dosis de 45 g/kg con 565 nódulos en comparación con el suelo testigo que registró 528 nódulos, pero disminuye la biomasa respecto al tratamiento sin contaminación. Alta dosis de PC indujo un mayor número de nódulos, pero de tamaño menor respecto al testigo, lo que sugiere que la planta bajo condiciones de estrés induce abundantes señales por secreción de exudados radicales como, por ejemplo, flavonoides, azúcares, aminoácidos, entre otros, para lograr que se formen hilos de infección bacteriana como *Rhizobium* y formen los nódulos, este mecanismo posiblemente incida en la fijación de nitrógeno para el beneficio de las leguminosas y les permite sobrevivir a las condiciones de contaminación por petróleo crudo. El número de nódulos es el indicador más confiable de toxicidad de la leguminosa *C. incana* a una exposición de hasta 45 g/kg de petróleo crudo, importante en la fijación simbiótica de nitrógeno; por lo tanto, se puede considerar a esta leguminosa como una especie con potencial para adaptarse y ser precursora de la fitorremediación de suelos impactados por la actividad petrolera en el sureste mexicano.

Literatura Citada

Chouychai, W., T. Swangying, K. Somtrakoon and H. Lee. 2018. Growth and phytoremediation efficiency of winged bean in fluorene- and pyrene-contaminated soil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 101: 631-636.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1988. Simbiosis Leguminosa-Rizobio. Manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico. Ed. rev. Proyecto CIAT-

UNDP de evaluación, selección y manejo de la simbiosis leguminosa-rizobio para aumentar la fijación de nitrógeno. Sección de Microbiología de suelos del programa de Frijol (comps.). Cali, Colombia. 178 p.

Fields, B., E. K. Moffat, V-P. Friman and E. Harrison. 2021. The impact of intra-specific diversity in the rhizobia-legume symbiosis. *Microbiology* 167: 001051.

Goh, C-H., A. B. Nicotra and U. Mathesius. 2016. The presence of nodules on legume root systems can alter phenotypic plasticity in response to internal nitrogen independent of nitrogen fixation. *Plant, Cell and Environment*. 39: 883–896.

Guzmán, D. D. y T. J. Montero. 2021. Interacción de bacterias y plantas en la fijación del Nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 8(2): 87-101.

Hussain, I., M. Puschenreiter, S. Gerhard, S. S. G. A. Shah, W. Khan and T. G. Reichenauer. 2019. Differentiation between physical and chemical effects of oil presence in freshly spiked soil during rhizoremediation trial. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 18451-18464.

Jesus E. C., R. A. Leite, R. A. Bastos, O. O. S. Aragão and A. P. Araújo. 2018. Co-inoculation of *Bradyrhizobium* stimulates the symbiosis efficiency of *Rhizobium* with common bean. *Plant Soil* 425: 201-215.

Kiamarsi Z., M. Kafi, M. Soleimani, A. Nezami and S. Lutts. 2021. Evaluating the bio-removal of crude oil by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) in interaction with bacterial consortium exposed to contaminated artificial soils. *International Journal of Phytoremediation*. DOI: 10.1080/15226514.2021.1954876

Kuzina E., S. Mukhamatdyarova, Y. Sharipova, A. Makhmutoy, L. Belan and T. Korshunova. 2022. Influence of Bacteria of the Genus *Pseudomonas* on Leguminous Plants and Their Joint Application for Bioremediation of Oil Contaminated Soils. *Plants* 11: 3396.

Pourbabaee A. A., M. Khazaei, H. A. Alikhani and S. Emami. 2021. Root nodulation of alfalfa by *Ensifer meliloti* in petroleum contaminated soil. *Rhizosphere* 17: 100305. DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100305

Quiñones M.A., S. Fajardo, M. Fernández-Pascual, M. M. Lucas and J. J. Pueyo. 2021. Nodulated White Lupin Plants Growing in Contaminated Soils Accumulate Unusually High Mercury Concentrations in Their Nodules, Roots and Especially Cluster Roots. *Horticulturae* 7: 302.

Razafintsalama H., M. Sauvadet, J. Trap, P. Autfray, A. Ripoché and T. Becquer. 2021. Legume Nitrogen Fixation and Symbioses in Low-Inputs Rainfed Rice Rotations. *Sustainability* 13: 12349.

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Riskuwa-Shehu, M. L., U. J. J. Ijah, S. B. Manga and L. S. Bilbis. 2017. Evaluation of the use of legumes for biodegradation of petroleum hydrocarbons in soil. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 14: 2205-2214.

Roscher, C., J. Schumacher, B. Schmid and E-D. Schulze. 2015. Contrasting effects of intraspecific trait variation on trait-based niches and performance of legumes in plant mixtures. *PLoS ONE* 10 (3): e0119786.

Rusan, M. J. M., A. A. Albalasmeh, S. Zuraiqi and M. Bashabsheh. 2015. Evaluation of phytotoxicity effect of olive mill wastewater treated by different technologies on seed germination of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental Science and Pollution Research*. 22: 9127-9135.

Sinharoy S., C-F. Tian and J. Montiel. 2024. Editorial: Plant-rhizobia symbiosis and nitrogen fixation in legumes. *Front. Plant Sci*. 15: 1392006.

Sprent, J. I., J. Ardley and E. K. James. 2017. Biogeography of nodulated legumes and their nitrogen-fixing symbionts. *New Phytologist* 215: 40–56.

Vázquez-Luna D. 2015. Biological indices of toxicity in tropical legumes grown in oil-contaminated soil. *Ecological Indicators* 53: 43–48.

Wang, T., B. Balla, S. Kovács and A. Kereszt. 2022. Varietas delectat: exploring natural variations in nitrogen-fixing symbiosis research. *Front. Plant Sci*. 13: 856187.

Zhang X., D. Kong, X. Liu, H. Xie, X. Lou, C. Zeng. 2021. Combined microbial degradation of crude oil under alkaline conditions by *Acinetobacter baumannii* and *Talaromyces* sp. *Chemosphere* 273: 129666.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARQUE NACIONAL PICO DE ORIZABA

Pablo Andrés-Meza¹, Mauro Sierra-Macías², Jorge G. Rodríguez-Escobar², Otto Raúl Leyva-Ovalle¹, Julio Díaz-José¹, Ángel Capetillo-Burela¹, Edgar Itehua-Panzo¹, Zeus Velázquez-Flores¹, José Luis del Rosario-Arellano^{1*}, Margarita Tadeo-Robledo³, María Gricelda Vázquez-Carrillo⁴, Armando Fuertes-Lara⁵, Ricardo Serna-Lagunes¹, Agustín Herrera-Solano¹ y Gregorio Hernández-Salinas⁶

Resumen: En el Golfo de México a lo largo de la Sierra Madre Oriental, el maíz forma parte de una serie de relaciones culturales, biológicas y sociales. Por ello, con el objetivo de estudiar la diversidad morfológica de maíces nativos procedentes del área de influencia Parque Nacional Pico de Orizaba, se realizó una exploración de diciembre de 2023 a mayo de 2024 en los municipios de Zongolica, Los Reyes, Astacinga, Atlahuilco, Tlaquilpa, Ixtaczoquitlán, Acultzingo, Amatlán de los Reyes, Chocamán, Huatusco, Calcahualco, Alpatlahuac, Mariano Escobedo, Rafael Delgado, Veracruz, México. Se registró información sobre los caracteres cuantitativos y cualitativos de la mazorca y grano. Se cuantificó la longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NHIL), número de granos por hilera (GHIL), forma de la mazorca (FM), arreglo de hileras (AHIL), tipo de grano (TGRAN), forma de la corona del grano (FCG), color de grano (CGRAN), peso de mazorca (PM), diámetro de olote (DOLO), peso de 100 granos (P100G), longitud de grano (LGRAN), ancho de grano (AGRAN) y grosor de grano (GGRAN). Se encontraron nueve tipos raciales originales: Arrocillo, Cacahuacintle, Celaya, Cónico, Coscomatepec, Elotes Cónicos, Olotillo, Ratón y Tuxpeño. Dentro de las mezclas interracializadas encontradas: arrozillo-Cónico-Pepitilla-Tuxpeño, Celaya-Coscomatepec, Celaya-Coscomatepec-Ratón, Celaya-Elotes Cónicos, Celaya-Ratón, Cónico-Arrocillo, Cónico-Celaya, Cónico-Elotes

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana.

²Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

³Faculda de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Autónoma Nacional de México. ⁴Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ⁵Parque Nacional Pico de Orizaba. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. ⁶Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Autor de correspondencia: jdelrosario@uv.mx.

Cónicos, Cónico-Pepitilla, Coscomatepec-Celaya-Pepitilla, Coscomatepec-Celaya, Olotillo-Tepecintle, Pepitilla-Cónico-Aroccillo, Ratón-Celaya y Ratón-Tepecintle. La raza con mayor frecuencia fue Cónico y Ratón. La mayor frecuencia de maíces nativos fue de color blanco, crema y amarillo. La diversidad morfológica observada muestra un constante dinamismo de intercambio de semillas entre los productores de maíz que conservan este importante recurso.

Palabras clave: *Zea mays* L., diversidad biológica, conservación, caracteres cuantitativos y cualitativos.

Introducción: Existe evidencia genética, bioquímica, antropológica, botánica, lingüística y citogenética que indican el origen del maíz (*Zea mays* L.) y su domesticación hace aproximadamente 10,000 años de un pasto silvestre llamado “teocintle” (*Zea mays* spp. *parviglumis*) en América Central específicamente en la Cuenca Central del Río Balsas (Doebley *et al.*, 2006). No obstante, la migración, dispersión y diversificación se llevaron a cabo bajo la mano del hombre, creando más de 300 razas de maíces nativos (Wellhausen *et al.*, 1951). En México, se han descrito 59 razas (Ortega *et al.*, 2013), las cuales representan de manera directa una fuente de genes útiles para el mejoramiento genético en diferentes regiones del país y su contribución a la diversidad genética mundial (González-Martínez *et al.*, 2020).

El maíz, como elemento básico de la subsistencia de las culturas mesoamericanas, es el más importante en el mundo por producción y el segundo por superficie sembrada, seguido del trigo (*Triticum* spp.) y arroz (*Oryza sativa* L.). El principal destino del grano es para la alimentación humana directa, además de una gran cantidad de derivados utilizados en productos industriales (Najar *et al.*, 2018). A nivel mundial, cada año se obtiene un volumen de producción de 1,163 millones de t producidas en casi 206 millones de ha, con un rendimiento promedio de 5,878.6 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2023). Del total mundial, México aporta cerca del 2.3 % (26.6 millones de t) del grano producido, que lo ubica dentro de los primeros seis países con mayor volumen de producción (SIAP, 2023). Específicamente en el estado de Veracruz, el cultivo de maíz es uno de los más importantes, ya que durante el año

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a person standing in a field of tall, green cocoa trees. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others further back.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Análisis estadístico: La información generada se integró y sistematizó en una hoja de cálculo de Excel®, posteriormente se determinaron las medias para las variables cuantitativas, y para las variables cualitativas se determinaron las frecuencias absolutas y porcentuales. Todos los análisis se realizaron mediante el software estadístico INFOSTAT versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados y discusión: Las razas se clasificaron en las siguientes categorías: Grupo Cónico, Razas de Maíces Tropicales Precoces o de Maduración Temprana, y Grupo de Maíces Dentados Tropicales.

Grupo cónico: El grupo Cónico abarca razas de maíz caracterizadas por la forma cónica o piramidal de sus mazorcas. Estas razas se encuentran predominantemente en regiones situadas a más de 2,000 metros de altitud y son principalmente endémicas de los valles altos y sierras del centro del país. Algunas de las variedades que conforman este grupo se encontraron en zonas de transición y áreas con altitudes superiores a los 2000 metros (1780-2800). Entre estas variedades se destacan el Arrocillo, el Cacahuacintle, el Cónico y los Elotes Cónicos, de los cuales se ofrece una breve descripción:

Arrocillo: El 83 % de las mazorcas recolectadas tienen una forma cónica, con un promedio de longitud de 14 cm y un diámetro de 4.7 cm. Presentan un arreglo de hileras rectas con 27 granos y entre 14 y 16 hileras. En promedio, los granos miden 14.9 mm de longitud, 7.5 mm de ancho y 4.6 mm de espesor (Figura 2A).

Cacahuacintle: Todas las mazorcas recolectadas son de color blanco y presentan una forma cónica-cilíndrica, con una longitud de 17 cm y un diámetro de 5.5 cm. El olote tiene un diámetro de 3 cm y el 72 % de las mazorcas tienen hileras rectas, con un número de 12 hileras y 22 granos por hilera. Los granos son de tipo harinoso, miden en promedio 15 mm de longitud, 14 mm de ancho y 7 mm de espesor (Figura 2B).

Cónico: Maíz de tipo semicristalino e intermedio, entre 80 y 15 % de las mazorcas presentaron forma cónica-cilíndrica y cónica. La mazorca mide 15 cm de longitud y 4.9 cm de diámetro, entre 14 y 16 hileras dispuestas en forma recta y cada hilera tiene 22 granos.

Presenta una coloración crema. El grano tiene 15 mm de largo, 7.5 cm de ancho y 4.5 mm de espesor (Figura 2C)

Elotes cónicos: las mazorcas de este maíz presentaron 100% forma cónica-cilíndrica. La mazorca mide 15.7 cm de largo, 3.9 cm de diámetro, 12 hileras dispuestas de manera recta y cada hilera con 36 granos. Presentan coloración blanco cremoso y una variación en textura con granos intermedios (70%), semi-cristalino (20%) y cristalino (10%), respectivamente. El grano tiene 11 mm de ancho, longitud de 15.3 mm, espesor de 3.5 mm y 100 granos pesan 29.5 g, respectivamente (Figura 2 D).

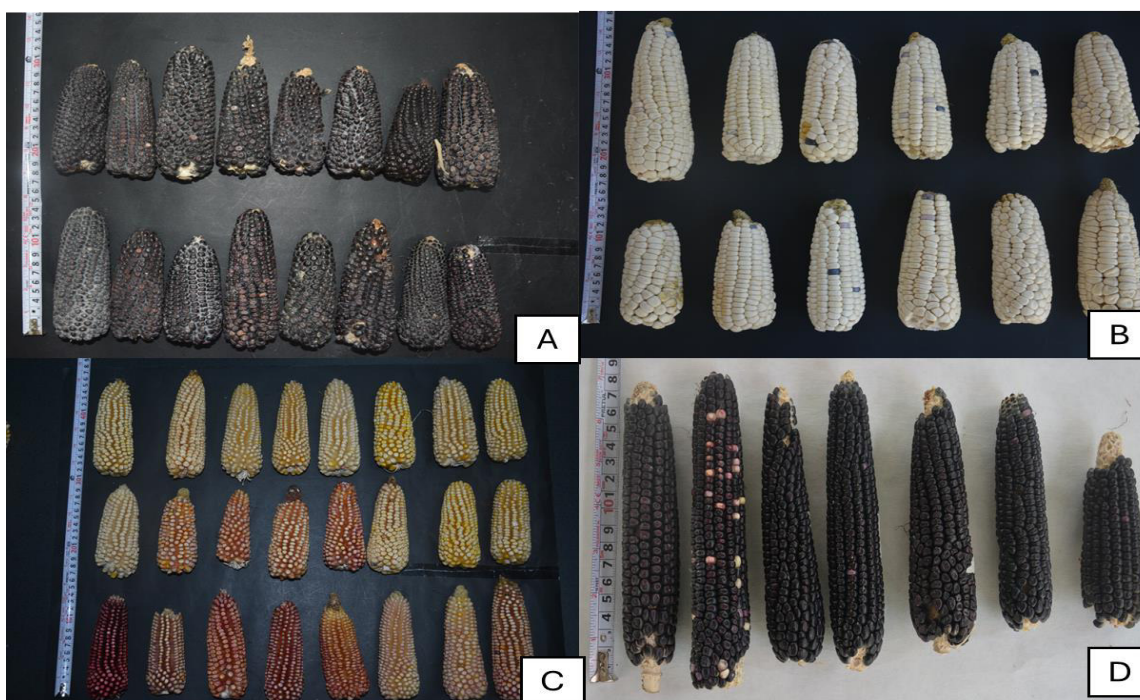


Figura 2. Grupo Cónico. A) Arrocillo, B) Cacahuazintle, C) Cónico, D) Elotes Cónicos.

Grupo tropicales precoces: Se cultivan principalmente en terrenos del trópico seco y regiones semiáridas del país (100-1300 m), adaptadas a limitados regímenes de humedad que les ha conferido un ciclo de maduración corta o temprana (CONABIO, 2011; Sánchez *et al.*, 2000).

Ratón: mazorca de forma cónica, cilíndrica y cónica-cilíndrica, la mazorca mide 15.7 cm de largo, 3.9 cm de diámetro, 10 hileras con una forma del 90 % recta y cada hilera con 25 granos. Presentaron coloración blanca cremosa con una variación en textura de 65, 5 y 30 %, grano intermedio, semi-dentado y semi-cristalino, respectivamente. El grano tiene 8.5 mm de ancho, longitud de 11.5 mm, un espesor de 4.2 mm y 100 granos pesan 32.6 g (Figura 3).



Figura 3. Grupo Tropicales Precoces. Raza Ratón.

Grupo dentados tropicales: Este grupo incluye razas agrónomicamente muy importantes del sur de México, distribuidas principalmente en regiones intermedias y de baja altitud: Celaya, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño y Zapalote Grande; las razas Nal-Tel de Altura y Pepitilla se asocian también con este grupo (CONABIO, 2011).

Celaya: entre 72 y 28% de las mazorcas presentaron forma cónica-cilíndrica y cónica. La mazorca mide 17.8 cm de largo, 4.3 cm de diámetro, 14 hileras dispuestas ligeramente en espiral y cada hilera con 33 granos. Tienen coloración crema y grano semi-cristalino. El grano tiene 9.8 mm de ancho, longitud de 11.5 mm, un espesor de 4.1 mm y 100 granos pesan 50 g (Figura 4A).

Tuxpeño: maíz de tipo intermedio; 94 y 6% de las mazorcas examinadas presentaron forma cilíndrica y cónica-cilíndrica. Mide 20 cm de largo, 4.8 cm de diámetro, 14 hileras dispuestas forma recta y cada una con 42 granos. Presentaron coloración crema. El grano tiene 9 mm de ancho, longitud de 12.4 mm, espesor de 4.5 mm y 100 granos pesan 26 g (Figura 4B).

Pepitilla: Atractivas mazorcas que tiene granos que lo caracterizan porque es extremadamente largo y puntiagudo, la mazorca con forma cilíndrica en un 29 y 71% con forma cónica-cilíndrica, dentadas de 16,5 cm de largo, 5.2 cm de diámetro, 19 hileras dispuestas en forma recta (79%), irregular (4%) y 17 % en espiral, cada hilera cuenta aproximadamente con 40 granos. Presentan una coloración crema. El grano tiene 6.3 mm de ancho, longitud de 15 mm, espesor de 4.1 mm y 100 granos pesan 30.8 g (Figura 4C).



Figura 4. Grupo dentados tropicales. A) Celaya, B) Tuxpeño, C) Pepitilla.

Grupo de maíces de maduración tardía: Este grupo incluye razas que se cultivan en amplias áreas a diferentes altitudes (Aragón *et al.*, 2006). Su rango de adaptación ha facilitado que se cultiven algunas de ellas desde el nivel del mar hasta tierras altas de ladera, condición húmeda y nubosa de las sierras del sureste y centro-oriente del país (Ortega, 2003;



CONABIO, 2011).

Figura 5. Grupo de maíces de maduración tardía. A) Olotillo, B) Coscomatepec.

Olotillo: Las mazorcas examinadas presentaron 40% con forma cónica-cilíndrica, cilíndrica (40%) y 20% con forma cónica. La mazorca mide 16.5 cm de largo, 4.2 cm de diámetro, 12 hileras dispuestas de forma recta y en espiral y cada hilera con 33 granos. Presentan coloración crema y variación en textura de 80 y 20% grano intermedio y semi-dentado, respectivamente. El grano tiene 9.1 mm de ancho, una longitud de 11.5 mm, un espesor de 4.1 mm y 100 granos pesan 28.5 g.

Coscomatepec: por lo regular es de color crema, pero también se encontró un tipo negro y la forma de la mazorca de esta raza presenta 100% forma cilíndrica. La mazorca mide 18.9 cm de largo, 4.5 cm de diámetro, 14 hileras dispuestas ligeramente en espiral y cada hilera con 40 granos, con 90 y 10% de textura intermedio y semi-dentado. El grano tiene 8.1 mm de ancho, longitud de 14.2 mm, espesor de 4.3 mm y 100 granos pesan 40.4 g.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field of green plants, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Food and Agriculture Organization (FAOSTAT). 2023. Situación Alimentaria Mundial. Disponible: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> (consultado el 20 de mayo del 2023).

González-Martínez, J., Rocandio-Rodríguez, M., Contreras-Toledo, A. R., Joaquín-Cancino, S., Vanoye-Eligio, V., Chacón-Hernández, J. C., & Hernández-Bautista, A. (2020). Diversidad morfológica y agronómica de maíces nativos del altiplano de Tamaulipas, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(4), 361-370.

Guillén-de la Cruz P., E. de la Cruz-Lázaro, S. A. Rodríguez-Herrera, G. Castañón-Nájera, A. Gómez-Vázquez y A. Lozano-del Río (2014) Diversidad morfológica de poblaciones de maíces nativos (*Zea mays* L.) del estado de Tabasco, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 46:239-247.

Herrera-Cabrera, E. B., Castillo-González, F., Sánchez-González, J. J., Hernández-Casillas, J. M., Ortega-Paczka, R. A. y M., Major-Goodman. 2004. Diversidad del Maíz Chalqueño. *Agrociencia*, 38: 191-206.

Hortelano, S. R. R.; Gil, M. A.; Santacruz, V. A.; López, S. L.; López, P. A.; Miranda, C. S. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35: 97-109.

Najar, Z. A., Sheikh, F. A., Najeeb, S., Shikari, A. B., Ahangar, M. A., Sheikh, G. A., & Wani, S. H. (2018). Genotypic and morphological diversity analysis in high altitude maize (*Zea mays* L.) inbreds under himalayan temperate ecologies.

Ortega C. A., M. J. Guerrero H. y R. E. Preciado O. (2013) Diversidad y Distribución del Maíz Nativo y sus Parientes Silvestres en México. Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 263 p.

México. *AGROProductividad*, 7(1),58+. <https://link.gale.com/apps/doc/A382656399/IFME?u=anon~b1e8816a&sid=googleScholar&xid=58f2d4e7>.

Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernandez X, H. X., E, E., & Mangelsdorf, P. C. (1952). Races of maize in Mexico. Their origin, characteristics and distribution.

VARIACIÓN MORFOLÓGICA *Crotalaria longirostrata* EN TRASPATIOS DE TABASCO, CAMPECHE Y CHIAPAS

¹*Pardo-Aguilar N, ¹*Lagunes-Espinoza LC, ¹Palma-López DJ, ¹Hernández-Nataren E, ¹García-López E y ²Bolaños-Aguilar ED.

Resumen

La caracterización morfológica de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) se realizó *in situ* en traspacios de la subregión de la Chontalpa, Tabasco, en una localidad de Campeche y otra de Chiapas. Los rasgos morfológicos de las poblaciones de chipilín se encuentran dentro de los rangos descritos para esta especie en la Flora Novo Galiciana-Gramineae y Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Las poblaciones de chipilín en las diversas comunidades variaron significativamente en tamaño, con un rango de 10 a 200 plantas por traspatio. La altura promedio de las plantas osciló entre 1.52 y 2.47 m, con diámetros del tallo entre 0.70 y 33.87 mm. Las plantas también mostraron un número variable de ramificaciones, de 7.33 hasta 104 ramas por planta. Las hojas de chipilín fueron trifolioladas, con un índice de folíolos que varió de 0.33 a 0.57, indicando diferencias en el tamaño relativo (ancho/largo) de las hojas entre diferentes poblaciones. El índice de vaina varió de 0.32 a 0.44, reflejando variabilidad en el tamaño de las vainas. El peso de 100 vainas varió significativamente, de 7.86 g (León Zarate, Comalcalco, Tabasco) hasta 18.34 g (Masoja chico, Tila, Chiapas). El peso de las semillas en 100 vainas mostró una variación amplia, de 1.1 g a 8.75 g (León Zárate, Comalcalco y Carlos Roviroso, respectivamente), variación que no se correlacionó con el tamaño de las vainas. El rango de variación para el número de semillas fue de 4.80 a 9.45. Las vainas con pericarpio de mayor espesor provinieron de la comunidad de León Zarate (0.86) y los más delgados de la de Carlos Roviroso (0.49), ambas en el estado de Tabasco. El análisis de componentes principales mostró que las características que mayor contribución presentaron para la distribución de las poblaciones estuvieron relacionadas con el tamaño de los folíolos, de vaina y peso de semillas.

Palabras clave: Chipilín, caracterización, fenotipo, población, producción semillas.

¹Programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas en el Trópico, Campus Tabasco. Colegio de Postgraduados. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. ²Programa de Forrajes. Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco, México. *Autor por correspondencia: pardo.nohemi@colpos.mx

Introducción

El género *Crotalaria* pertenece a la familia de *Fabaceae*, tribu *Crotalarieae* y subfamilia *Papilionoideae* (Rehm, 1994). En Norteamérica, existe una diversidad de especies de este género, donde se han descrito 31 especies, la mayoría endémicas de México (Yaradua et al., 2018). Esta especie, se distribuye en los estados de Campeche, Chiapas, Colima, Durango, Edo. de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Yucatán, donde se le conoce con los nombres comunes de chabeh, chepil o chipilín (Soto-Estrada, 2004; Villaseñor, 2016). *C. longirostrata* es un arbusto o hierba leñosa de 1 a 3 m de altura, con tallo ramificado, erecto, presenta hojas trifolioladas, raquis con racimos florales con márgenes amarillos; frutos y semillas color pardo (Dávila-Aranda, 1998; Rzedowski et al., 2016). Esta especie tiene una alta fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Camarillo-Megan, 2020), lo que lo hace importante en la agricultura sustentable. *C. longirostrata* está clasificada dentro del grupo de los quelites, término utilizado para referirse a plantas herbáceas fomentadas en los huertos familiares, cuyas hojas y tallos tiernos son consumidos como verduras, ya que presentan alto contenido en proteína, calcio, hierro, además de ácido ascórbico (Jiménez-Aguilar y Grusak, 2015; Méndez-López et al., 2023). En el sureste de México, esta especie no es cultivada, pero es tolerada y fomentada en los traspatios, y pocos son los estudios sobre el conocimiento de la variación fenotípica existente entre poblaciones que crecen en diferentes ambientes para su conservación, producción, y mejoramiento de características deseables (Muli et al., 2021). En México, la diversidad fenotípica de chipilín no ha sido evaluada, por lo que se desconoce la existente en una región determinada y la plasticidad que tiene para adaptarse a diversos ambientes. El objetivo del estudio fue conocer la variación morfológica entre poblaciones de *Crotalaria longirostrata* en traspatios de la subregión de la Chontalpa, Tabasco, Campeche y Chiapas, México.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La identificación de poblaciones de chipilín se realizó en la subregión de la Chontalpa, del estado de Tabasco, en una comunidad de Campeche y otra de Chiapas. El contacto con las autoridades de cada comunidad y con los habitantes que contaban con plantas de chipilín en sus traspatios se realizó en los meses de agosto a noviembre del año 2022, explicándoles el objetivo del estudio, y solicitando el permiso para recolectar material vegetal (ramas, flor, vainas y semillas). Tres sitios de muestreo fueron seleccionados al azar en cada municipio de la subregión de la Chontalpa (Cárdenas, Cunduacán, Comalcalco y Huimanguillo), uno en el estado de Campeche y otro en el estado de Chiapas (Cuadro 1). Estas dos poblaciones de otros estados se adicionaron porque el consumo de chipilín también se realiza entre sus pobladores. En cada traspatio visitado se contabilizó el número de individuos de chipilín presentes, y se colectaron vainas y semillas. Además, tres muestras de al menos un individuo por sitio de recolecta se tomaron al azar para su caracterización morfológica, las cuales se etiquetaron con el nombre del sitio, fecha, coordenadas geográficas y características del sitio de recolecta, se prensó cuidadosamente para su descripción posterior.

Caracterización morfológica

La caracterización morfológica se basó en los descriptores de la Flora Novo Galiciana-Gramineae y Flora del Bajío y Regiones Adyacentes (Dávila-Aranda, 1998; Rzedowski et al., 2016; Dávila-Aranda, 2024), y se realizó en el Laboratorio de Sistemática Vegetal. Los descriptores morfológicos cuantitativos fueron altura del tallo principal de la planta, altura a la primera bifurcación, diámetro del tallo, número de ramificaciones, índice de foliolos (tamaño de foliolos), largo de raquis, índice de vainas (tamaño de vainas), número de semillas por vaina, peso de 100 vainas y peso de semillas.

Análisis estadístico

Los datos morfológicos fueron registrados en Excel® y se analizaron utilizando estadísticas descriptivas para obtener la media y la desviación estándar de cada variable por cada población. Con los datos se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para

conocer la distribución espacial de las poblaciones y el peso de cada característica en dicha distribución. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2010).

Resultados y Discusión

Caracterización de las poblaciones de chipilín

En los traspatios se identificaron poblaciones de chipilín compuestas de 10 a 200 plantas (Cuadro 1). Las poblaciones más grandes de chipilín correspondieron al Ejido Zapotal 2ª sección en Cárdenas, Tabasco (200 plantas) y al Ejido Emiliano Zapata en Cunduacán, Tabasco (104 plantas), cuyos propietarios indicaron que lo utilizaban para su venta.

Cuadro 1. Sitios de recolecta de muestras *in-situ* de *C. longirostrata* y tamaño de la población en traspatios de los municipios de la subregión de la Chontalpa, Campeche y Chiapas.

Municipio	Sitio	Coordenadas		ID	Total de plantas de chipilín en traspatios	Fecha de recolecta
Cárdenas, Tabasco	M. Hidalgo 1°	18.07154444	-93.3636	1	12	19/09/2022
	Azucena 2da.	18.26853656	-93.65117278	11	10	09/10/2022
	El Zapotal 2°	18.24022222	-93.437525	12	200	03/10/2022
	Carlos Rovirosa	18.1008	-93.31528056	3	67	19/09/2022
Cunduacán, Tabasco	Pob. Tulipán	18.10079167	-93.31528056	7	17	19/08/2022
	Ej. E. Zapata	18.13539722	-93.24656111	2	104	10/10/2022
	R/ Potrerillo	18.25264444	-93.13866944	5	25	14/10/2022
Comalcalco, Tabasco	Chichicapa	18.25044722	-93.19470556	9	28	26/09/2022
	León Zarate 1°	18.26853656	-93.28647222	10	15	26/09/2022
	TN, Chicoacán	17.7325	-93.471425	4	59	11/08/2022
Huimanguillo, Tabasco	Ej. Huimanguillo	17.85043611	-93.38771111	6	12	09/08/2022
	Rafael Mar. E.	17.72210278	-93.38305278	8	17	09/08/2022
Calakmul, Campeche	20 de noviembre	18.35592222	-89.30194444	13	10	30/11/2022
Tila, Chiapas	Masoja chico	17.434722	-92.445278	14	10	16/10/2022

Descriptores morfológicos

La descripción de rasgos morfológicos de las recolectas de *C. longirostrata* se encuentran dentro de los rangos descritos para esta especie en la Flora Novo Galiciana-Gramineae y Flora del Bajío y Regiones Adyacentes (McVaugh, 1984; Dávila-Aranda, 1998; Rzedowski et al., 2016). Las poblaciones de chipilín presentes en los traspacios de las comunidades mencionadas en el Cuadro 2, presentan plantas con forma arbustiva de 0.88 a 2.47 m (Cuadro 2), su tallo es leñoso glabro, con ramificaciones, estriguloso; con las pubescencias más hacia las ramas apicales; entre ramas se observan yemas axilares, con hojas trifolioladas, la altura del tallo a la primera bifurcación varió de 5.67 a 53.33cm.

Cuadro 2. Rangos de variación de características morfológicas de *C. longirostrata* en traspacios de las comunidades evaluadas.

Característica	Media $\pm$ de	Rango de variación
Altura de planta (m)	0.84 $\pm$ 0.43	0.88 - 2.47
Altura del tallo a la primera bifurcación (cm)	29.04 $\pm$ 14.92	5.67 - 53.33
Diámetro de tallo (mm)	19.15 $\pm$ 11.21	0.70 - 33.8
Número de ramas	43.69 $\pm$ 26.38	7.33 - 104.0
Largo de foliolo (mm)	36.32 $\pm$ 5.91	26.50 - 48.38
Ancho de foliolo (mm)	16.31 $\pm$ 3.47	10.69 - 23.20
Índice de foliolos (ancho/largo)	0.45 $\pm$ 0.06	0.33 - 0.57
Largo de vaina (mm)	18.59 $\pm$ 1.27	16.42 - 20.30
Ancho de vaina (mm)	6.69 $\pm$ 0.18	6.41 - 7.07
Índice de vainas (ancho/largo)	0.36 $\pm$ 0.03	0.32 - 0.44
Largo de raquis (cm)	14.92 $\pm$ 3.69	10.93 - 18.53
Número de flores por inflorescencia	12.53 $\pm$ 2.54	8.9 - 17.9
Peso de 100 vainas (g)	13.66 $\pm$ 3.26	7.86 - 17.32
Peso de semillas de 100 vainas (g)	5.05 $\pm$ 2.23	1.1 - 8.75
Número de semillas por vaina	7.57 $\pm$ 1.09	4.8 - 9.45
Proporción de pericarpio	0.64 $\pm$ 0.11	0.49 - 0.85

de = desviación estándar

En el diámetro del tallo, se observa que plantas muy altas como las del Ejido Huimanguillo, presentan tallos delgados, así como las del Ejido Rafael Martínez de Escobar y Tierra Nueva 3ª. Sección de Chicoacán en Huimanguillo, Tabasco. Los tallos más gruesos se observaron en la población de chipilín de Tulipán en el municipio de Cunduacán (33.87 mm). La mayoría de las plantas de chipilín en las poblaciones de la subregión de la Chontalpa, Tabasco, presentaban ramificaciones, aunque se observa una amplia variación entre ellas; el rango de variación observado fue de 7.33 a 104 ramificaciones (Cuadro 2). El mayor número de ramificaciones en una planta (104) se contabilizó en el sitio Carlos Rovirosa en Cunduacán y el menor (7.33) en el poblado la Azucena 2ª sección del municipio de Cárdenas, Tabasco (Figura 1), aun cuando las plantas en este sitio presentaron una altura de 1.52 m. La población con alto número de ramificaciones también está entre las de mayor altura de planta y bifurcó el tallo principal a muy baja altura, lo que probablemente le permitió este gran número de ramificaciones, sobre todo si fue sometida a cortes constantes para cosecha de material foliar.

El índice de foliolos varió de 0.33 a 0.57, correspondiendo a plantas del poblado Azucena 2ª sección y Tulipán, respectivamente. Este índice indica que las plantas de chipilín del poblado Azucena 2ª sección presentaron hojas trifolioladas más largas que anchas y las de Tulipán más anchas que largas (Cuadro 2). La mayoría de las vainas de las poblaciones de chipilín presentaron un tamaño similar (ancho/largo), ya que la variación en el índice de vaina fue de 0.32 a 0.44. Las vainas más largas que anchas correspondieron a las plantas de chipilín del poblado Azucena 2ª sección de Cárdenas, Tabasco. El peso de 100 vainas varió de 7.86 g a 17.32 g (Cuadro 3). La población de la comunidad del Ejido Rafael Martínez (0.93 g) correspondiente a la región de la Chontalpa (Huimanguillo) presentó el menor peso, y el mayor correspondió a la población Masoja chico del municipio de Tila, Chiapas (18.34 g). El rango de variación para el peso de 100 semillas fue de 1.1 – 8.75 g, correspondiente a León Zarate 1ª sección y a Carlos Rovirosa respectivamente (Cuadro 3). La población de Masoja chico, también presentó un alto peso de semillas en 100 vainas (8.40 g), indicando que esta población y la Carlos Rovirosa, presentan alto peso de vainas y alto peso de semillas, es decir el número de semillas abortadas es muy bajo.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Cuadro 3. Contribución de las características morfológicas a los primeros cinco componentes principales en poblaciones de chipilín.

Componente principal	Proporción	Proporción acumulada
CP1	27	27
CP2	20	47
CP3	15	62
CP4	13	74
CP5	08	83

Y la que más contribuyó negativamente fue la proporción de pericarpio (Figura 1). En la figura 1 destacan las poblaciones de Carlos Rovirosa del municipio de Cunduacán por el mayor ancho de vaina, peso de semillas y menor proporción de pericarpio; y de Masoja chico por un mayor ancho y largo de folíolos y menor índice de vaina.

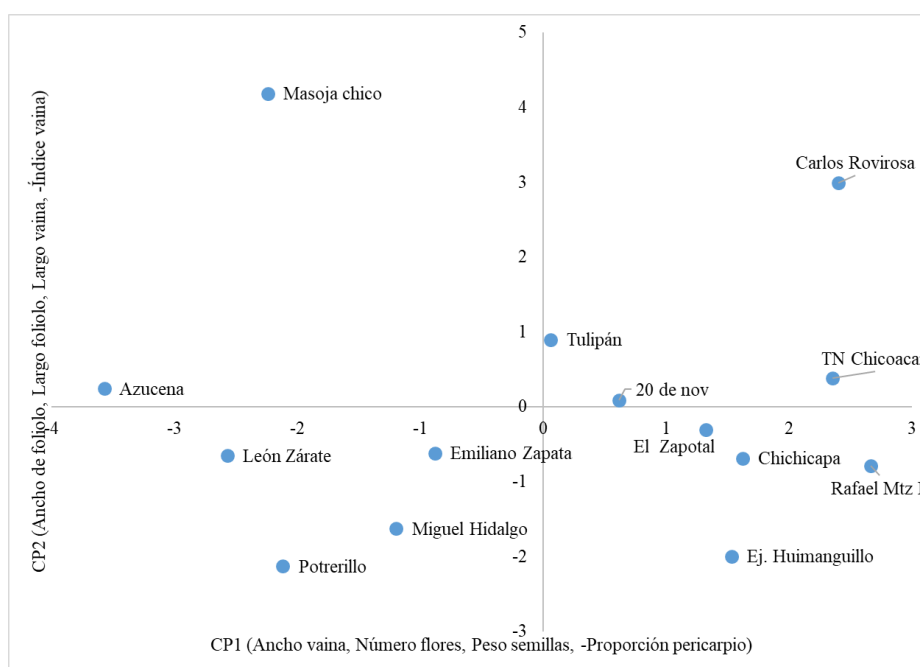


Figura 1. Distribución espacial de las poblaciones de chipilín por componente principal.

McVaugh, R. 1987. Flora Novo Galicia. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. Volume 5. Leguminosae. The University of Michigan Press. 786 p

Mendez-Lopez, A.Y., L.C. Lagunes-Espinoza, A.R. González-Esquinca, E. Hernández-Nataren, C.F. Ortiz-García. 2023. Phenological characterization of chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.) And relationship between the phenological stage and chemical composition of leaves. South African Journal of Botany, 154: 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.006>.

Muli, J.K., J.O. Neondo, P.K. Kamau, E. Odari, N.L.M. Budambula. 2021. Phenomic characterization of *Crotalaria* germplasm for crop improvement. CABI Agriculture and Bioscience, 2:10.

Rehm, S. 1994. Multilingual dictionary of agronomic plants. (Dict Rehm) <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?12340>. Consultado: 26/03/2017 11:10 pm.

Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G., Torres, C. L., & Grether, R. 2016. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Familia Leguminosae, Subfamilia Papilionoideae (*Aeschynomene*-*Diphysa*). 192, 1-330.

SAS, 2010. SAS user's guide: Statistics 8th ed. SAS Institute. Cary, N.C. USA.

Soto-Estrada, C. 2004. FABACEAE Lindl. Tribu Crotalarieae. En: Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Fascículo 40: 1-20. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Yaradua, S.S. 2018. A review of the genus *Crotalaria* L. (Crotalarieae, Fabaceae). International Journal of Scientific and Research Publications 8(6): 316-321.

Villaseñor, J.L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87(3): 559-902.

PRIMERA APROXIMACIÓN A UN BALANCE ENERGÉTICO EN LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL TRADICIONAL

José Rafael Contreras Hinojosa¹, Juan Francisco Castellanos Bolaños¹, Rafael Rodríguez Hernández¹ y Blanca Patricia Castellanos Potenciano^{2*}

Resumen

En los procesos productivos agropecuarios se utilizan insumos, maquinaria e implementos, y se llevan a cabo actividades que implican costos monetarios; mientras que los productos obtenidos de esos procesos, se venden a un precio determinado que generan un ingreso. Este mismo principio aplica a la energía consumida y generada en dichos procesos. La producción de mezcal no es una excepción y se ve influenciada por diversos sistemas, principalmente en función de la densidad de población y la especie de agave. Con el objetivo de realizar un balance energético en la producción de mezcal derivado del maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw), se consideraron dos escenarios: el control manual de malezas y el control con herbicida. Se evaluaron índices energéticos basados en actividades humanas, implementos, uso de animales de carga, combustibles, productos químicos y tiempos de ejecución, considerando una densidad de población de 1,250 plantas por hectárea. Para obtener información sobre las actividades, actores, tiempos y materiales en la producción de plantas de agave y la obtención del mezcal, se realizó un cuestionario aplicado a 20 productores de San Baltazar Chichicapam, Oax. La edad de estos productores osciló entre los 38 y 78 años, todos con experiencia en la industria del mezcal. Los valores energéticos obtenidos fueron de 163,088,766 kcal para el control manual de malezas y 163,308,877 kcal para el uso de herbicidas, con un 98% de la energía proviniendo del uso de leña en ambos casos. La producción de mezcal de 1,250 plantas por hectárea genera 18,477,040 kcal/ha., la energía derivada de la producción de mezcal, fue calculada en 7.1 kcal/g de alcohol, lo que

¹ Campo Experimental Valles Centrales, Oaxaca, CIRPAS-INIFAP. ^{2*}Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, CIRGOG-INIFAP. castellanos.blanca@inifap.gob.mx

resultó en un déficit energético cercano a los 144 millones de kcal. Estos resultados fueron similares a otros procesos energéticos ineficientes, como producir etanol a partir de maíz o biodiesel a partir de girasol, donde se requiere más energía de la que se produce.

Palabras clave: alcohol, kcal, agave, energía

Introducción

En México según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022) la población en el año 2020 fue superior a los 126 millones y para cubrir las necesidades alimenticias de esta población, se debe contar con tierra suficiente y la energía disponible para cubrir las metas, por lo que se deben diseñar e implementar sistemas energéticamente eficientes, no únicamente para el proceso productivo, que puede ser mediante la mecanización (Pimentel, 2009) sino que integren las etapas de procesamiento, conservación, distribución y consumo (Sachs, 1984).

Si bien surge la necesidad de contar con alimentos suficientes, también la sociedad requiere productos complementarios a estos, como de higiene y vestido. Uno de estos productos complementarios son las bebidas, tanto las azucaradas, como las alcohólicas, que si bien causan daño a la salud humana cuando se consumen en exceso, también son requeridas por la población.

Aunque se ha considerado que la mecanización es una alternativa para eficientar el balance energético, cerca de un tercio de la energía requerida para producir una hectárea de cultivos, es invertida en la operación de la maquinaria (Pimentel y Patzek, 2008) y considerar que hay cultivos que sus componentes del proceso productivo no se pueden mecanizar totalmente, debido a las condiciones donde se producen. Hay diferentes formas de clasificar la energía. Según la forma básica de la energía se puede dividir en energía primaria y energía secundaria. La energía primaria se refiere a los recursos energéticos que existen en el mundo sin

procesamiento y conversión, mientras que la energía secundaria se refiere a los recursos obtenidos después del procesamiento y conversión de la energía primaria y esta se puede dividir en energías renovables y energías no renovables (Lin y Ren, 2021). Un claro ejemplo de energía secundaria es el contenido de alcohol que tiene el mezcal que es de 7.1 kcal/g (Sayon-Orea et al., 2011).

Dentro de la energía que utilizan los cultivos, por lo general no se considera aquella que es difícil de cuantificar y que es renovable, como es la derivada de la fotosíntesis, proceso que pueden fijar cerca de 1.6 toneladas de CO₂ por tonelada de biomasa producida (Skowrońska y Filipek, 2014), sin embargo, la energía para preparar la cama de siembra, las semillas, los fertilizantes y pesticidas, así como la implícita en las actividades y en los productos obtenidos, tienen un valor energético y se pueden medir (West y Marland, 2002).

Esta energía puede ser en forma directa e indirecta, integrando en la primera forma, a los combustibles, fertilizantes y pesticidas, mientras que el consumo de energía en forma indirecta se asocia a la energía en las actividades humanas, así como en la fabricación de la maquinaria y la que se encuentra en el almacén y el equipo, entre otras (Ledgard et al., 2011). Esta cuantificación es difícil de generalizar para un cultivo en una región por las condiciones sociales y económicas de los productores, así como las condiciones de tierra, equipo y materiales de que disponen (Sachs, 1984). El vapor de agua (H₂O) es un Gas de Efecto Invernadero (GEI) natural, sin embargo, su concentración no se ve afectada por las actividades humanas (Bhattacharyya et al., 2020). En el año 2010, en México la agricultura contribuyó con el 12.3% de los GEI con 92,184.4 Gg de CO₂eq, derivados principalmente de la quema de combustibles fósiles, mientras que las emisiones de óxido nitroso fueron de 223.0 Gg, aportando los suelos agrícolas el 67.2%, provenientes principalmente del manejo de excretas y del uso de fertilizantes nitrogenados (México, 2012). Shcherbak et al., (2014) al sumarizar resultados de investigación de emisiones de N₂O, estiman que el 1% de la cantidad aplicada de fertilizante nitrogenado es emitido como este gas de invernadero, mientras que cuando la fuente es de estiércol se considera el 0.8%. Estos valores se

consideran promedio, ya que puede haber factores de cultivo, clima, suelo y manejo que lo incrementen (Tate, 2021).

Se debe considerar que las emisiones de N₂O no únicamente son debidas a la aplicación de excretas y fertilizantes nitrogenados, las leguminosas de cultivo, como la alfalfa pueden aportar más de cuatro veces este valor (Eichner, 1990). Por lo general, las evaluaciones de los sistemas de producción se hacen en forma comparativa y se selecciona el que mayor ventaja económica reditúe, sin considerar la energía que utilizaron por los insumos y actividades ni los contaminantes que emiten, además porque hay distorsiones de precios entre regiones y localidades en México, por subsidios gubernamentales en los combustibles, los fertilizantes, en las semillas y en los granos (Contreras et al., 2004).

El agave o maguey (*Agave spp.*) es un cultivo cuyo ciclo de producción oscila desde cinco hasta nueve años, su producto (piña) puede comercializarse en fresco y al ser procesados sus jugos se obtiene el mezcal, bebida alcohólica que se comercializa a nivel mundial. El género *Agave* se integra aproximadamente de 210 especies, de las cuales el 75% se encuentran en México (García-Mendoza et al., 2019), sin embargo, son escasas 10 especies las que se cultivan y explotan comercialmente, bajo diferentes condiciones de clima, orografía y manejo en el estado de Oaxaca. Su aprovechamiento como bebida alcohólica se remonta a antes de la colonia y actualmente se tienen tres tipos de mezcal, según el cambio de los procesos con el tiempo y así obtener el mezcal de forma ancestral, tradicional y moderna.

El maguey es una especie que se cultiva en Oaxaca y otros ocho estados inscritos en la denominación de origen y es Oaxaca el estado donde se produce la mayor cantidad

de mezcal (COMERCAM, 2023), contribuyendo en el año 2022 con el 91% de la producción nacional de mezcal envasado de 45° que fue de 14,165,505 litros, de esta cantidad, el 95.3% cae en la categoría de mezcal artesanal. Del mezcal envasado, el 44% va al mercado nacional y 56% para exportación a 81 países (COMERCAM, 2023). La superficie establecida al año 2022 es de 11,140 hectáreas (SIAP, 2023). De la cantidad total de mezcal, el 81.08% corresponde al maguey espadín (*Agave angustifolia*) y el resto a otras especies.



Del maguey espadín se producen piñas que pueden pesar en fresco hasta 170 kilogramos, según el manejo y las condiciones ecológicas, sin embargo, es común que haya variabilidad en el tiempo de maduración y tamaños dentro de la parcela. Derivado de que al tequila se le puede adicionar destilados de otros agaves hasta en 49% (CRT, 2019) y al auge que tiene el tequila, es común comercializar la materia prima de Oaxaca.

Debido a que el maguey espadín es el que ocupa la mayor superficie en el estado de Oaxaca y de que el mezcal que se produce principalmente es en forma tradicional, se consideró obtener una primera aproximación a un balance energético del proceso.

Materiales y métodos

Para obtener la información de las actividades, los actores y el tiempo en que se ejecutan los materiales que son utilizados en la producción de plantas de agave y en la obtención del mezcal, se elaboró un cuestionario, del cual se levantó la información en un grupo de 20 productores de San Baltazar Chichicapam, Oax., integrados en equipos de cuatro individuos. Con un rango de edad entre 38 a 78 años, en el cual, toda su vida la han pasado en la industria del mezcal, participando a su manera, en los distintos eslabones de la cadena. Debido a la variación en la información, se conciliaron las respuestas para tener una indagación promedio. Debido a que es difícil que en un evento un productor elabore mezcal derivado de una hectárea de agave, en algunas actividades se consideraron las acciones con base unitaria por unidades de tiempo o de peso y se extrapolaron a una hectárea, la cual se consideró establecida con distancias entre filas e hileras de 4 X 2 metros, para una densidad de población de 1,250 plantas por hectárea, aun cuando hay plantaciones que se cultivan a distancias de 2 X 1 metros, con poblaciones de 5,000 plantas en la misma superficie y por lo tanto, se generan mayores entradas y salidas de energía.

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

a.- Simiente

Para extraer los hijuelos se consideran dos personas, una utiliza barretón para separarlos de la planta madre y la otra usa machete para podar las raíces y cortar las puntas, se consideran cinco minutos por planta.

b.- Acarreo de hijuelos

Una vez extraídos los hijuelos, se trasladan a la nueva parcela, se considera que los 1,250 hijuelos caben en un carro con capacidad de tres toneladas, se trasladan una distancia de cinco kilómetros, se consumen dos litros de diésel y se requieren dos personas, una para acomodarlos y la otra que se los pasa y se consideró un tiempo de duración de la actividad de cuatro horas.

c.- Trazo de la plantación

Para trazar la nueva plantación se requieren tres personas, dos sostienen los mecates y otra que marca con cal. Para el trazo de una hectárea se requieren cuatro horas.

d.- Apertura de cepas y trasplante

Para el trasplante, primero se requiere su distribución dentro de la parcela que la realiza una persona y un animal de carga, la otra persona apertura la cepa con el barretón y la trasplanta, realizándose la actividad en seis horas por las 1,250 plantas.

e.- Manejo del cultivo

Una vez que se realiza el trasplante, hay que esperar ocho años para que la planta madure. Anualmente se consideraron dos opciones de manejo, enfocadas para el control de malezas; una opción es controlarlas en forma manual y la otra es utilizar herbicida. En el control manual, se consideran cuatro jornales anualmente de ocho horas, por los primeros cuatro años, se considera que a ese tiempo ya “amacizó” la planta. Para el control químico se consideran 1.8 litros de herbicida Paraquat, al 25% de concentración, se aplica con aspersora manual con peso de 4.7 kg.

Se consideran dos personas, una para aplicar el líquido y la otra para acarrear el agua, con una duración de seis horas por un día y en ambos procesos por los primeros cuatro años.

f.- Desquiete

Con el fin de que la planta acumule azúcares y no los invierta en la reproducción, se considera eliminar el capó floral o quiste, una vez que la planta lo emitió. Para esta actividad se utiliza barretón, se realiza el proceso en siete minutos por planta.

g.- Cosecha

Se requiere una persona para separar la planta del suelo con la jima y eliminar parcialmente las hojas con el machete, para así manipularla sin riesgos y se requiere una persona por separar la planta por dos minutos y otra por un minuto para “rasurarla”. Ya separada la planta, para formar la “piña” se requiere la jima y se eliminan las hojas en contorno, además de eliminar totalmente las raíces. En la formación se requieren 15 minutos por planta.

h.- Acarreo y traslado de “piñas”

El peso fresco de una “piña” de maguey espadín oscila desde 20 hasta 170 kilogramos, para este estudio se consideró un peso promedio de 50 kilogramos. El acarreo de las “piñas” desde la parcela al sitio donde se va a elaborar el mezcal (palenque) considera bajarlas en forma manual, solo en casos excepcionales se ruedan, por lo tanto, se considera un tiempo de 15 minutos por movilizar cada piña (ida y regreso). Para el traslado al palenque hay que subir y acomodar las piñas en un carro de volteo al que le caben seis toneladas de materia prima, se considera el consumo de dos litros de diésel por el traslado a una distancia de cinco kilómetros y se utilizan dos personas, una para acomodarlas en el carro y otra que le pasa las piñas. Estas actividades se realizan por dos personas por dos horas, mientras que para su descarga en el palenque se considera el tiempo de una hora.

i.- Horneada de las piñas

Se considera como un activo fijo el horno y las piedras, al cual en promedio le caben seis toneladas de materia prima. Para acomodar la leña, encender el horno, partir y acomodar las

seis

615

toneladas de piñas se requieren dos personas por cuatro horas, en esta actividad se utiliza hacha con peso de 1.8 kilogramos. La cantidad de leña por utilizar es de 250 kilogramos por tonelada de materia prima, para un total estimado de 1,500 kilogramos.

j.- Desgarrado

Una vez que concluye la horneada, se destapa el horno y las piñas se trasladan a la tahona, donde se desgarran y se generan los jugos mediante el machacado con una rueda de piedra impulsada por un animal de carga. El tiempo para machacar las seis toneladas se consideran 20 horas y se requieren dos personas, una para cargar el producto en bruto y recoger los jugos y fibras generadas y la otra que conduce al caballo.

k.- Fermentación

Derivado de las seis toneladas de materia prima, se generan aproximadamente cinco tinajas de fermentación, las que se llenan aproximadamente con 1,200 litros de jugos y fibra más 600 litros de agua. Para realizar la actividad se requiere una persona por tres horas.

l.- Destilación

La destilación se realiza al llenar ollas con capacidad de 250 litros de jugos y fibras, se pasan los destilados hasta dos veces, con el fin de uniformizar el producto. Para destilar las cinco tinajas se requieren aproximadamente 2,400 kilogramos de leña, se requieren dos personas por 20 horas, una que llena las ollas y la otra que saca las vinazas y retira estas del sitio, además de recoger el envase donde cae el mezcal y poner el siguiente.

La cantidad de mezcal que se produce es variable y se asocia con la cantidad de leña, la madurez de las piñas, la posición donde se colocan las piñas, el tiempo de horneado y el tiempo de fermentación, de este modo, se considera que por las cinco tinajas se generan de 600 a 700 litros de mezcal de 45°, para generar factores de conversión materia prima: mezcal de 8.5 y 10.0 kilogramos por litro.

En los análisis energéticos se debe uniformizar las unidades de energía. Para cuantificar esta se puede utilizar la kilocaloría (kcal) o su conversión a Mega Joule (MJ), kilo Vatio hora (kW

h) o

Unidades Térmicas Británicas (BTU) al multiplicar esa por los factores 0.004187, 0.001163 y 3.968, respectivamente (Miller Jr.,1980).

Sanders y McCormick (1992) consideran la asignación de valores energéticos con base en el consumo de oxígeno de la persona (L/min), de este modo, se asignaron los índices energéticos con base en el esfuerzo al realizar la actividad. Estos índices oscilan desde 1.6 kcal/min para el trabajo manual sentado, hasta 16.2 kcal/minuto para el esfuerzo realizado al subir una pendiente con carga en el hombro y Pimentel (1987) para trabajos con azadón el consumo propuesto es de 6.8 kcal/min.

En el caso de animales, se consideró un índice energético para el caballo de 1,425 kcal/hora con base en utilizar el 50% de la energía consumida en el caso que el caballo sea utilizado en la aradura de tierras (Cabezas et al., 1994).

En el caso de implementos simples de fierro, Pimentel y Burgess (1987) consideran un valor de 20,712 kcal/kg. El machete de 45 cm de largo tuvo un peso de 0.490 kg, mientras que el barretón pesó de 1.220 kg. En lo que respecta a la jima, que se utiliza para darle forma de piña a la planta de agave, se consideró un peso de 3.0 kilogramos y el hacha 1.8 kilogramos. De todos estos materiales se considera una vida útil de 15 años.

En el caso de los combustibles, por consumo de un litro de Diesel se consideran 11,414 kcal/kg (Cervinka,1987). En el caso de los pesticidas, se requiere energía para la manufactura del ingrediente activo (I.A.) y a este valor se adiciona el que se deriva para darle la forma de presentación del producto y por el empaque (Pimentel, 1987).

Con base en lo anterior, para el herbicida Paraquat su índice energético es de 109,520 kcal/kg de I.A. Por la forma de presentación como aceite miscible se considera 33,300, mientras que por el empaque son 8,500 kcal/kg de I.A. En el caso de la aspersora, se consideró como un implemento con un factor de manufactura de 2,061 kcal/kg y la

integrada en el almacén de 15,000 kcal/kg (Doering III, 1987) y una vida útil de 15 años trabajando 121 hectáreas por año.

En el caso de la leña utilizada para hornear las piñas, los productores prefieren la de encino (*Quercus* spp.) porque es pesada y se consume lentamente, alcanza densidades de 0.60-0.72 g/cc (Honorato Salazar y Fuentes López, 2001), sin embargo, en la práctica la leña que se utiliza es la que se pueda conseguir. Paládi (2013) indica que el contenido energético del consumo de leña secada al ambiente oscila de 15 a 18 MJ/kg (16.5 MJ/kg, promedio).

En el caso de las salidas de energía se consideró mezcal de 45°, con densidad de 925.3 kg/m³ (Quintas et al., 2024) y que aporta 7.1 kcal/g de alcohol (Sayon-Orea et al., 2011).

Resultados y discusión

Derivado de la información obtenida, se pudieron generalizar dos condiciones productivas, las cuales se asocian al control de malezas. Por un lado, el control manual de las malezas y por el otro, el control con herbicida. En el Cuadro 1 se presentan los costos energéticos del proceso productivo manual para un total de 163,088,766 kcal /ha, mientras que en el Cuadro 2 se aprecia un total de 163,308,877 kcal/ha, valor ligeramente más alto por el costo energético del herbicida Paraquat. En ambos procesos, cerca del 98% de la energía consumida fue por el uso de la leña. En lo que respecta, a las salidas de energía, derivada de la producción de mezcal y estimada de la producción de 1,250 plantas por hectárea, se obtiene un valor de 18,477,040 kcal/ha, que al hacer la comparación de cifras resulta un déficit de cerca de 144 millones de kcal.

Estos resultados Pimentel y Pimentel (2008) lo ejemplifican en forma similar a la de producir un refresco de dieta de 1.0 kcal, para lo que se requieren 500 kcal, además de las 1,600 kcal para producir el envase de aluminio, para una relación 2,100:1 y son ejemplos similares para obtener energía para combustibles, Pimentel y Patzek (2008) indican que se requiere 29% más energía que la que se produce al procesar maíz para obtener etanol, mientras que para producir biodiesel del girasol se requiere 118% más energía que la producida.

Cuadro 1.- Costos de energía en el proceso productivo sin herbicida (kcal/ha).

Proceso	Energía en equipo	Energía manual	Energía en combustible	Energía animal
Simiente	27.98	50,000		
Acarreo		4,320	19,403.38	
Trazo		2,880		
Trasplante		6,120		8,550
Manejo:				
Año 1	6.14	19,584		
Año 2	6.14	19,584		
Año 3	6.14	19,584		
Año 4	6.14	19,584		
Desquiete	28.01	89,250		
Cosecha				
Separación	21.18	34,000		
Cosecha	147.42	191,250		
Traslado		2,020,312	202,114.58	
Horneado	11.66	40,000	61,577,343	
Desgarrado		62,500		59,375
Fermentación		12,750		
Destilación		106,250	98,523,750	
Total	260.81	2,697,969	160,322,610	67,925

Gran total: 163,088,766 kcal

Cuadro 2.- Costos de energía en el proceso productivo con herbicida (kcal/ha).

Proceso	Energía en equipo	Energía manual	Energía en herbicida	Energía en combustible	Energía animal
Simiente	27.98	50,000			
Acarreo		4,320		19,403.38	
Trazo		2,880			
Trasplante		6,120			8,550
Manejo:					
Año 1	44.17	6,480	68,094		
Año 2	44.17	6,480	68,094		
Año 3	44.17	6,480	68,094		
Año 4	44.17	6,480	68,094		
Desquiete	28.01	89,250			
Cosecha					
Separación	21.18	34,000			
Cosecha	147.42	191,250			
Traslado		2,020,312		202,114.58	
Horneado	11.66	40,000		61,577,343	
Desgarrado		62,500			59,375
Fermentación		12,750			
Destilación		106,250		98,523,750	
Total	412.92	2,645,553	272,376	160,322,611	67,925

Gran total: 163, 308,877 kcal

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se observa que la mayor parte de la energía consumida en el proceso de producción de mezcal se deriva por el uso de la leña y al hacer el balance de entradas y salidas de energía se observa que hay un déficit energético de cerca de 144 millones de kcal. Aun cuando la leña se considera un recurso renovable, es necesario eficientar su uso, mediante el mejoramiento de la estructura del horno, revistiéndolo de

material que retenga más el calor. Además, se debe de tomar en cuenta el establecimiento de plantaciones con especies forestales de rápido crecimiento en las localidades donde se produce el mezcal.

Agradecimiento: A los productores de San Baltazar Chichicapam, Oax., que participaron en la investigación, proporcionando la información necesaria.

Literatura citada

Bhattacharyya, P., H. Pathak and S. Pal. 2020. Climate Smart Agriculture. Concepts, Challenges, and Opportunities. Springer, Singapore. 193 p.

Cabezas, I., S. Valenzuela, V. Merino, J. Riquelme, M. García, E. Hertz y R. Pérez. 1994. Rendimiento físico, requerimientos energéticos y adaptación fisiológica del caballo de tiro en faenas de aradura. Archivos de Medicina Veterinaria XXVI (2): 15-27.

Cervinka, V. 1987. Fuel and energy efficiency. In: Pimentel, D. (ed.). Handbook for Energy Utilization in Agriculture. CRC Press. Boca Raton, Fla. pp: 15-21.

COMERCAM. 2023. Informe Estadístico 2023. Oaxaca. 20 p.

Contreras Hinojosa, J. R., M. A. Cano García, J. L. Jiménez Victoria. L. Osorio Alcalá y B. Villar Sánchez. 2004. Análisis energético de la producción de maíz bajo labranza cero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mixteca Oaxaqueña. Folleto Técnico No. 6. Santo Domingo, Yanhuitlán, Oax. 22 p.

CRT. 2019. Categorías. Revisado en: <https://www.crt.org.mx/index.php/es/el-tequila-3/clasificacion>

Doering III, O. C. 1987. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: Pimentel, D. (ed.). Handbook for Energy Utilization in Agriculture. CRC Press. Boca Raton, Fla. pp: 9-14.

Eichner, M. J. 1990. Nitrous Oxide Emissions from Fertilized Soils: Summary of Available Data. Journal of Environmental Quality 19: 272-280.

García-Mendoza, A. J., I. S. Franco Martínez y D. Sandoval Gutiérrez. 2019. Cuatro especies nuevas de Agave (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. Acta Botánica Mexicana 126: e1461. DOI: 10.21829/abm126.2019.1461. 18 p.

Honorato Salazar, J.A.y M.E. Fuentes López, 2001. Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de encino del estado de Guanajuato. Revista Ciencia Forestal en México. 26(90): 5-28.

INEGI. 2022. Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2020. Estados Unidos Mexicanos. 171 p. Recuperado el 9 de mayo del 2023, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198060.pdf.

Ledgard S.F., M. Boyes and F. Brentrup. 2011. Life cycle assessment of local and imported fertilisers used on New Zealand farms. Ministry Agriculture Forest 1–13. Recuperado el 17 de abril del 2023, de http://turww1.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/Manuscripts/Ledgard_2011.pdf.

Lin, R. and J. Ren. 2021. Overview of Multi-criteria Decision Analysis and Its Applications on Energy Systems. In: Ren, J. (ed.). Energy Systems Evaluation. Vol 2. Multi-Criteria Decision Analysis. Springer. Switzerland. pp: 1-26.

México. 2012. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México, D.F. 399 p.

Miller Jr., G. T. 1980. Energy and Environment. Wadsworth Publishing Co, Belmont, Ca. 184 p.

Paládi, M. 2013. Comparison of CO₂-emissions of households heated by natural gas and firewood. *Landscape & Environment* 7(2):64-72.

Pimentel, D. 1987. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: Pimentel, D. (ed.). *Handbook for Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press. Boca Raton, Fla. pp: 45-48.

Pimentel, D. and M. Burguess. 1987. Energy inputs in corn production. In: Pimentel, D. (ed.). *Handbook for Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press. Boca Raton, Fla. pp: 67- 84.

Pimentel, D. and M. H. Pimentel. 2008. *Food, Energy, and Society*. CRC Press. Boca Raton, Fla. 380 p.

Pimentel, D. and T. Patzek. 2008. Ethanol production using corn, switchgrass and wood; biodiesel production using soybean. In: Pimentel, D. (ed.). *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems*. Springer. New York. pp: 373-394.

Pimentel, D. 2009. Energy Inputs in Food Crop Production in Developing and Developed Nations. *Energies* 2(1): 1-24.

Quintas, D.M., I. Carvajal-Mariscal y P. Quinto Díez. 2024. Metodología de cálculo y modelado de las necesidades térmicas en el proceso de producción de una destiladora de mezcal tradicional. *Acta Universitaria* 34. 18 p. <http://doi.org/10.15174/au.2024.3880>.

Sachs, I. 1984. The Food–Energy Nexus: Seeking Local Solutions to Global Problems. In: Lévy, M. and J. L. Robinson (eds.). *Energy and agriculture: their interacting futures*. Routledge. London. pp: 25-37.

Sanders, M.S and E.J. McCormick. 1992. *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill. New York. 790 p.

Sayon-Orea, C., M.A. Martinez-Gonzalez, and M. Bes-Rastrollo. 2011. Alcohol consumption and body weight: a systematic review. *Nutrition Reviews* 69(8): 419-431. doi:10.1111/j.1753-4887.2011.00403.x

Shcherbak, I., N. Millar, and G. Philip Robertson. 2014. Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. PNAS 111(25): 9199-9204. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322434111>. 2014.

SIAP. 2023. Avance de siembra y cosecha 2022. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (Consultado 22 de julio 2023).

Skowrońska, M. and T. Filipek. 2014. Life cycle assessment of fertilizers: a review, International Agrophysics 28: 101-110. doi: 10.2478/intag-2013-0032.

Tate, R. L. Soil Microbiology. Third Edition. Wiley. Hoboken, NJ. 570 p. 2021.

West, T. O. and G. Marland. 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agriculture, Ecosystems and Environment 91: 217-232.

PLANTACIONES Y FORESTALES

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE *ACACIA MANGIUM* WILL PARA EL ESTADO DE TABASCO

Mariela Guadalupe Maza Landero¹, José Francisco Juárez López,
José Jesús Obrador Olán¹ Lorenzo Armando Aceves Navarro¹ y Antonio López
Castañeda^{1*}

Resumen

La *Acacia mangium* pertenece a la familia de las fabáceas, es un árbol perenne la cual, puede alcanzar hasta 30 m de altura, se considera una madera resistente y adecuada para la fabricación de muebles y diversos artículos domésticos. Es originaria del trópico húmedo, bosques del noreste de Australia, Papua Nueva Guinea y las islas Molucas del este de Indonesia. Es una de las especies de árboles de rápido crecimiento más utilizadas en programas de recuperación de suelos, de uso forestal en distintas zonas tropicales de Asia, África y América debido a su rápida expansión y su tolerancia a suelos poco fértiles. El objetivo de este estudio fue elaborar un análisis de la aptitud edáfica, climática y uso del suelo que identifiquen las zonas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium* en el estado de Tabasco. El resultado de la zonificación agroecológica de acacia en el estado de Tabasco muestra un 79.93% del territorio de Tabasco como zonas aptas y el 20.07% como no apta para el establecimiento del forestal.

En este trabajo se presenta una modificación al método de la FAO que consistió en comparar los resultados de la ZAE con el uso actual del suelo del estado de Tabasco, principalmente teniendo como criterio la conservación de los recursos naturales por las políticas establecidas del gobierno Federal. Este análisis muestra una diferencia de la superficie, la cual se menciona a continuación:

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México. *Autor de correspondencia: tonolc@colpos.mx

zonas muy aptas un 36.60%, zonas aptas el 20.72 % y el 42.68 % restante como zonas no aptas.

Esta distribución indica que el estado de Tabasco tiene un total de 57.32% de su superficie con las condiciones óptimas para implementar la siembra de *Acacia mangium*, por su alta aptitud del clima, y óptima al factor suelo.

El factor que marca esta diferencia entre la ZAE y mapa del uso del suelo es principalmente la vegetación natural, derivado de las políticas de conservación, por lo tanto, de ninguna otra manera podría ser utilizado para otra actividad.

Palabras clave: Suelos, Clima, SIG, Silvícola

Introducción

La *Acacia mangium* (*Acacia mangium* Will) pertenece a la familia de las fabáceas subespecie *Mimosoideae*, y genero acacia, es un árbol perenne que puede alcanzar hasta 30 m de altura; Según Sánchez-Banda et al. (2022), la madera de *Acacia mangium* es considerada resistente y adecuada para la fabricación de muebles, dinteles de puertas y ventanas, y diversos artículos domésticos también es usada para pulpa, papel, tableros de partículas, cajas y astillas de madera.

Es originaria del trópico húmedo, bosques del noreste de Australia, Papua Nueva Guinea y las islas Molucas del este de Indonesia (Krisnawati *et al.*, 2011; Reyes, 2018). Las hojas pueden servir como forraje para el ganado y produce una gran cantidad de materia orgánica en la parte superior de la planta, incluyendo la hojarasca, que es esencial para la nutrición de la planta después de su desintegración al ser absorbida por las raíces, las cuales también desempeñan un papel determinante en la absorción de nutrientes y agua del suelo (Pascual-Córdova *et al.*, 2023).

La *Acacia mangium* Willd es una de las especies de árboles de rápido crecimiento más utilizadas en programas de plantaciones forestales en distintas zonas tropicales de Asia,

África y América debido a su rápida expansión y su resistencia a suelos degradados (Koutika y Richardson, 2019). Sus propiedades deseables incluyen rápido crecimiento, buena calidad de la madera y tolerancia de una amplia variedad de suelos y ambientes.

Se desarrolla en un rango de altitud de 0 a 1,000 msnm; con condiciones climáticas que incluyen una temperatura media entre 22 y 28°C, y una precipitación anual de 1000 a 3000 mm. Tiene capacidad para tolerar períodos secos, prolongados de hasta cuatro meses, y capacidad para adaptarse a suelos poco profundos y compactados, así como a suelos arcillosos con un amplio rango de pH, desde 4.2 hasta neutro. Aunque no prospera en suelos básicos ni salinos, puede crecer en casi cualquier tipo de suelo, incluyendo suelos erosionados y áreas húmedas no encharcables (Reyes, 2018).

En base a lo antes mencionado, acerca de las características ecofisiológicas de la *Acacia mangium*, estas son propias de las regiones tropicales: En este sentido, se planteó realizar una zonificación agroecológica (ZAE) la cual es un enfoque utilizado para identificar y delimitar áreas, según la definición de la FAO (1997), teniendo en cuenta las características del suelo, la vegetación, el relieve y el clima.

Este método implica la subdivisión de la superficie terrestre en unidades más pequeñas que comparten similitudes en términos de idoneidad del suelo, potencial de producción y efectos ambientales. Esta metodología se ha utilizado en diversos estudios, Aguilar-Rodríguez et al. (2017) evaluó la aptitud edáfica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake a nivel semidetallado en la región de Huimanguillo, Tabasco, México, para zonificar las tierras con mayor potencial para la especie. Aceves-Navarro et al. (2020) determinó áreas aptas para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Tabasco, México, y su rendimiento potencial.

En el análisis de algebra se mapa se utilizaron las bases de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) los cuales son una herramienta invaluable que facilita la realización de estas tareas de forma eficaz, rápida y rentable, para llevar a cabo estos procesos.

El objetivo del presente trabajo fue elaborar un análisis de la aptitud edáfica, climática y uso del suelo que identifiquen las zonas con clases de aptitud para el establecimiento de plantaciones forestales de *Acacia mangium* en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

El estado de Tabasco se encuentra ubicado en la región cálido-húmedo, en el sureste de la República Mexicana, entre las latitudes 17°15' y 18°38' N y entre las longitudes 90°38' y 94°07' W, consta de una superficie de 24 751 km², presenta una precipitación media anual mayor de 2000 mm. (Aceves-Navarro y Rivera-Hernández, 2019) (Figura 1).

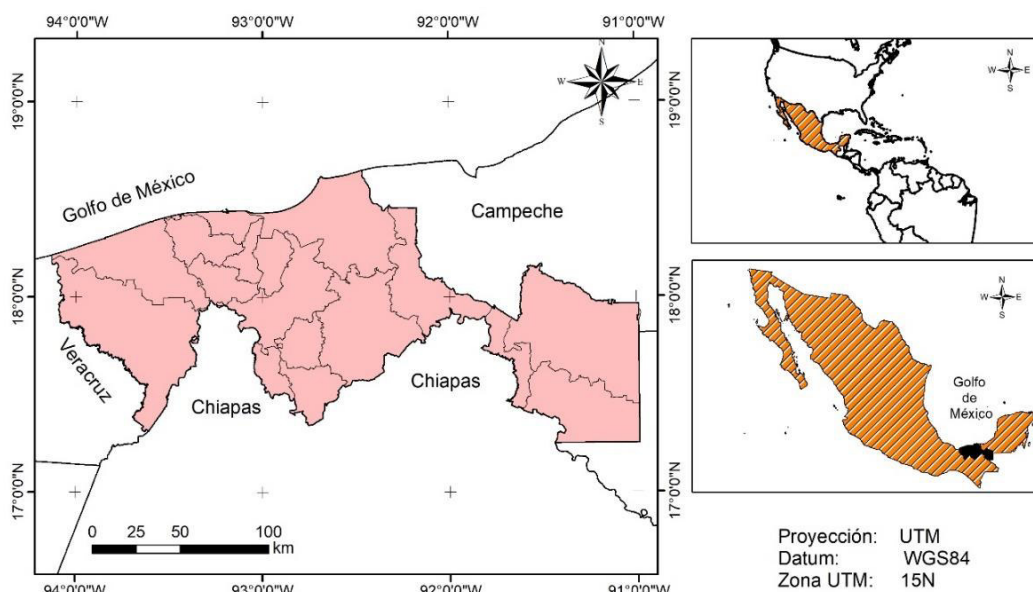


Figura 1. Localización del área de estudio

El presente estudio se basa en la metodología de la ZAE (FAO, 1997) la cual define zonas con base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas, además, se implementó una nueva etapa para identificar la superficie potencial real de la acacia utilizando el Mapa de Cobertura del Suelo del estado de Tabasco (CONAFOR, 2020) a partir de un Sistema de Información Geográfica generado en el software libre QGIS 3.36.

A fin de realizar el análisis del climático, se utilizaron las normales climatológicas de las estaciones, distribuida en todo el estado Tabasco, con la información de dos variables: temperatura y precipitación, con un registro histórico de 10 años (2000 a 2010) según el Servicio Meteorológico Nacional (2022), con esta información se obtuvieron los mapas de isoyetas e isotermas, con el método IDW (Inverse Distance Weighted), en el software de QGis versión 3.36

Se analizaron las variables edafoclimáticas de la *Acacia mangium*, clave para identificar las áreas con aptitud, lo cual implicó una exhaustiva revisión de los requerimientos bioclimáticos y edáficos, así como identificación de la vegetación y uso de suelos del área de estudio, mediante la recopilación detallada de información tanto digital como analógica. Se creó una base de datos, que incluyó categorías como nombre del autor, título, año de publicación, origen de la información y rangos recomendados para cada variable analizada que se automatizaron mediante el uso del software Microsoft Excel 2010. Se utilizó la base de datos para categorizar las variables según los rangos óptimos para la *Acacia mangium*, utilizando la media aritmética (Cuadro 1)

Cuadro 1. Requerimientos de clima y suelos para el establecimiento de *Acacia mangium* en el estado de Tabasco.

Especie	Variables edáficas	Variables climáticas	Variable Uso y vegetación
<i>Acacia mangium</i>	• Profundidad (m) • Textura (%) • Pendiente (%) • Drenaje (m)	• Precipitación total anual • Temperatura media anual • Promedio de la temperatura mínima • Promedio de la temperatura máxima	Vegetación natural Agroforestal Cultivos perennes Cultivos anuales Pastizal

La evaluación del recurso suelo para la *Acacia mangium* se realizó con base en las unidades de suelo reportado por Jiménez, (2013) y Palma et al. (2017), utilizando cinco variables: profundidad, fertilidad, textura, pH y elevación. De esta forma, los elementos limitantes permitieron realizar una aproximación de regiones con aptitud para el establecimiento de la especie forestal (*Acacia mangium*). Es así como la identificación de las unidades edafológicas con base en la cartografía a escala 1:250000 del estado de Tabasco permitió seleccionar los suelos no aptos (Nap) aptos (Ap) y muy aptos (Map). La selección de las unidades edáficas permitió obtener los mapas con aptitud edafológico para el establecimiento de *Acacia mangium*

Para la identificación de zonas con aptitud potencial real se utilizó la cartografía de uso de suelos y vegetación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2020); para la clase no apta se descartó zonas con vegetación natural, cultivos perennes, cuerpos de agua y áreas urbanas e infraestructura; debido que son zonas que tienen un uso actual de importancia de conservación y de agricultura económicamente redituable.

Con los mapas de aptitud climática, edafológica, y vegetación a nivel estatal, se realizó una sobreposición de la cartografía con el software QGis 3.36, y mediante uso de álgebra de mapas, se generaron zonas con aptitudes agroclimáticas para el establecimiento de la *Acacia mangium*.

Resultados y Discusión

El análisis de los requerimientos agroclimáticos para definir las zonas aptas para el establecimiento de acacia presentó resultados en un intervalo de muy apto y apto de acuerdo a el análisis cartográfico de las isoyetas e isotermas (Figura 2). La distribución espacial para la temperatura se presenta entre 22 y 28°C y la precipitación es mayor a 2000 mm (Aceves-Navarro y Rivera-Hernández, 2019). Con relación a la precipitación, la distribución espacial muestra un 1.50 % del territorio Tabasqueño que se clasifica como Apta para establecer la Acacia, mientras que el 98.50 % se identifica como clase muy apta. La temperatura y

precipitación no son elementos limitantes para establecer *Acacia* en el estado de Tabasco, datos similares reporta Aguilar-Rodríguez et al. (2017) para Eucalipto (Figura 2).

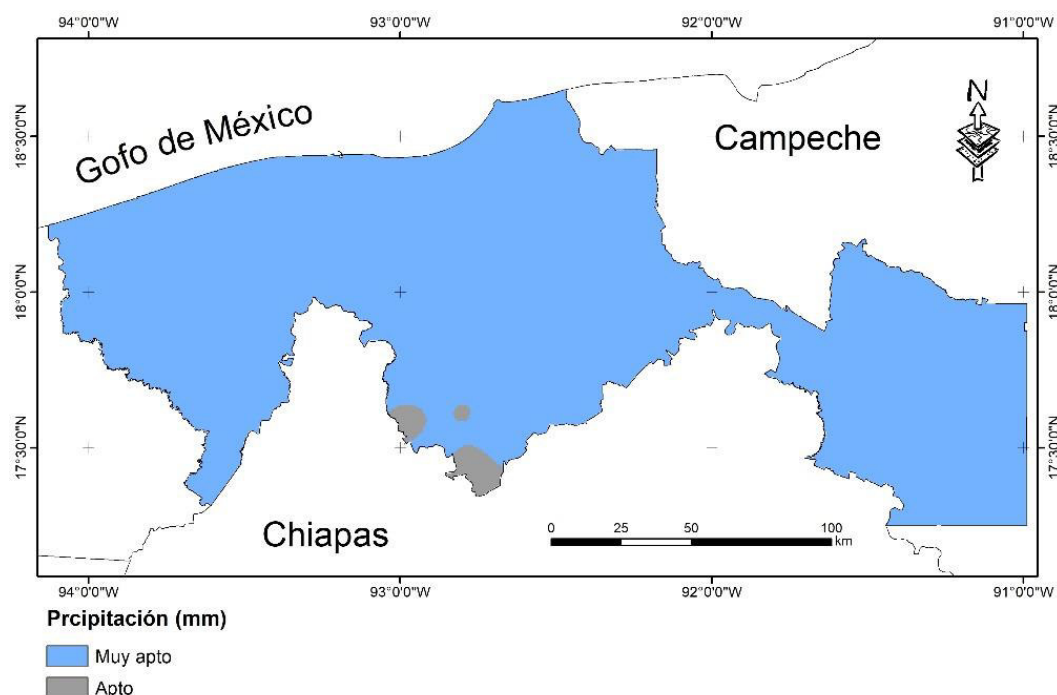


Figura 2. Zonas con aptitud de precipitación para establecer *Acacia mangium* en el estado de Tabasco, México.

Por lo que respecta a la evaluación de los suelos, se identificaron tres clases de aptitud para la *Acacia mangium*, las cuales se distribuyen en el territorio tabasqueño, de la manera siguiente; zonas muy aptas con un 49.12% de la superficie total del estado, mientras que un 21.60% como apto y el 19.28 % corresponde a zona no aptas para el establecimiento de *Acacia mangium* (Palma et al., 2017) (Figura 3). De acuerdo a Jiménez (2013) y Palma et al. (2017) en el estado de Tabasco los suelos se clasifican en 19 grupos, de los cuales los Solonchaks, Histosols, y Calcisols tendrían inconvenientes por sus propiedades físicas y químicas para el establecimiento de *Acacia mangium* según lo señala Reyes (2018).

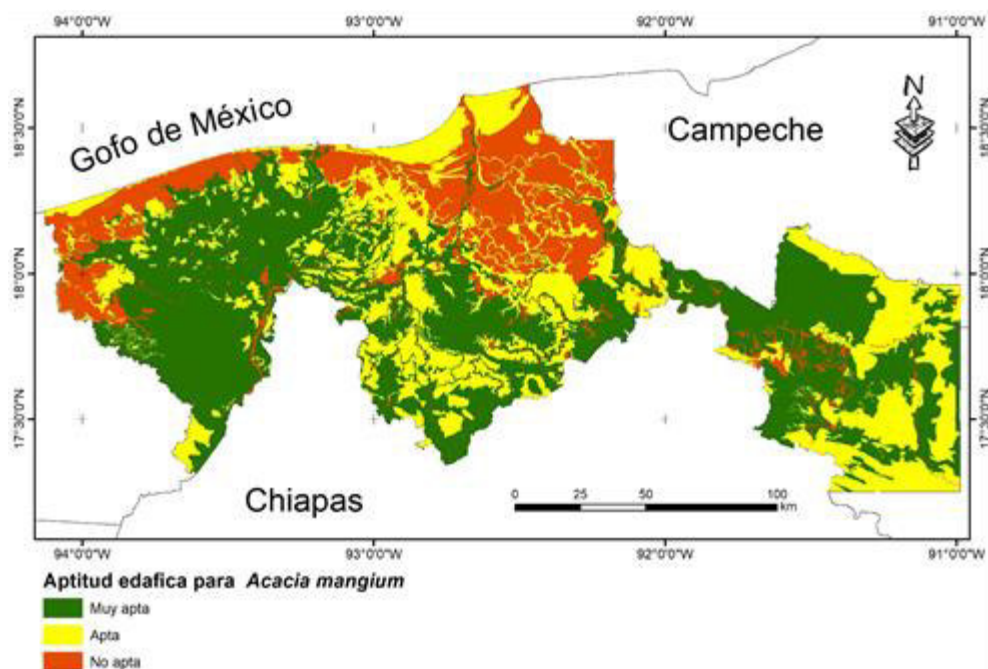


Figura 3. Zonas con aptitud edáfica para establecer *Acacia mangium* en el estado de Tabasco, México.

El análisis edafoclimático geoespacial indicó que el 48.05% de la superficie del estado de Tabasco es muy apta para el establecimiento de Acacia, mientras que el 31.88 % de la superficie es apta y un 20.07 % es no apta para el establecimiento de la Acacia, este tipo de análisis se he realizado en el estado de Tabasco con diferentes cultivos y especies (Rivera-Hernández *et al.*, 2012) obteniendo resultados en la mayoría de los casos menos promisorios y en algunos similares (Figura 4).

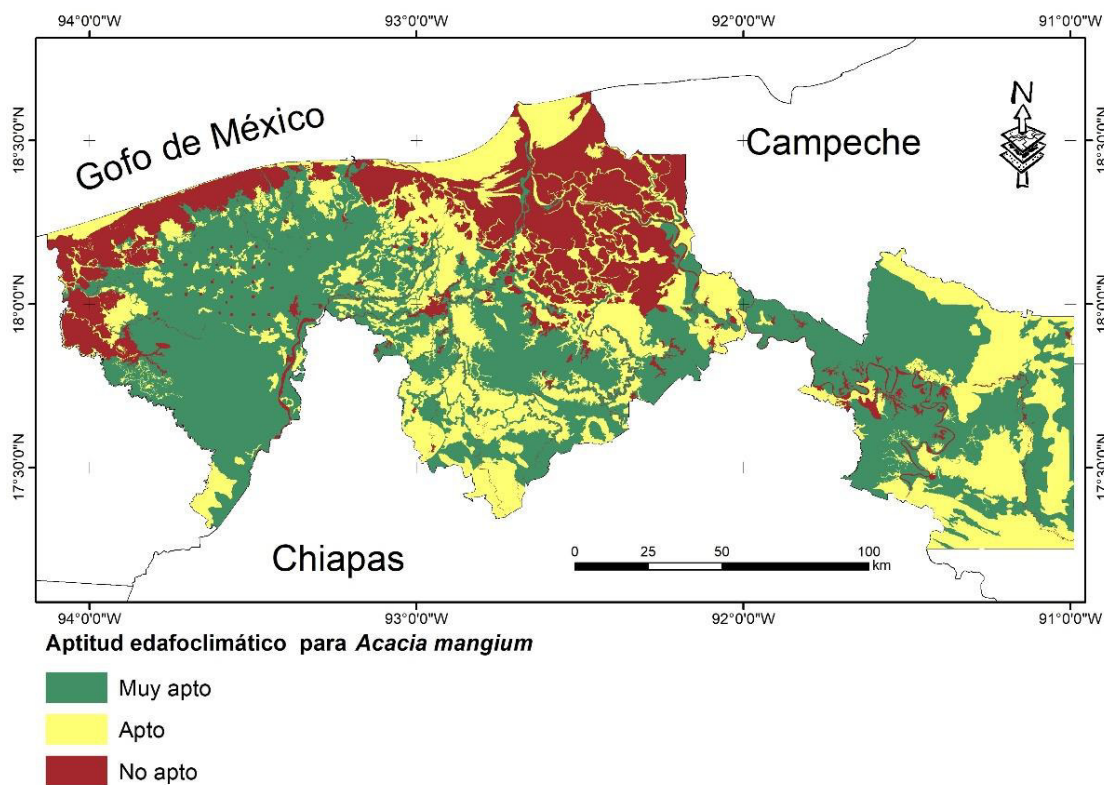


Figura 4. Zonas con aptitud edafoclimática para establecer *Acacia mangium* en el estado de Tabasco, México,

En la figura 5 se muestra la zonificación agroecológica (Edáfica, Climática y Cobertura y uso del suelo) de la *Acacia mangium*, a través del este estudio se identificó una superficie de 36.60% como zonas muy aptas, 20.72 % como aptas y el 42.68% restantes como zonas no aptas para el establecimiento del forestal *Acacia mangium*.

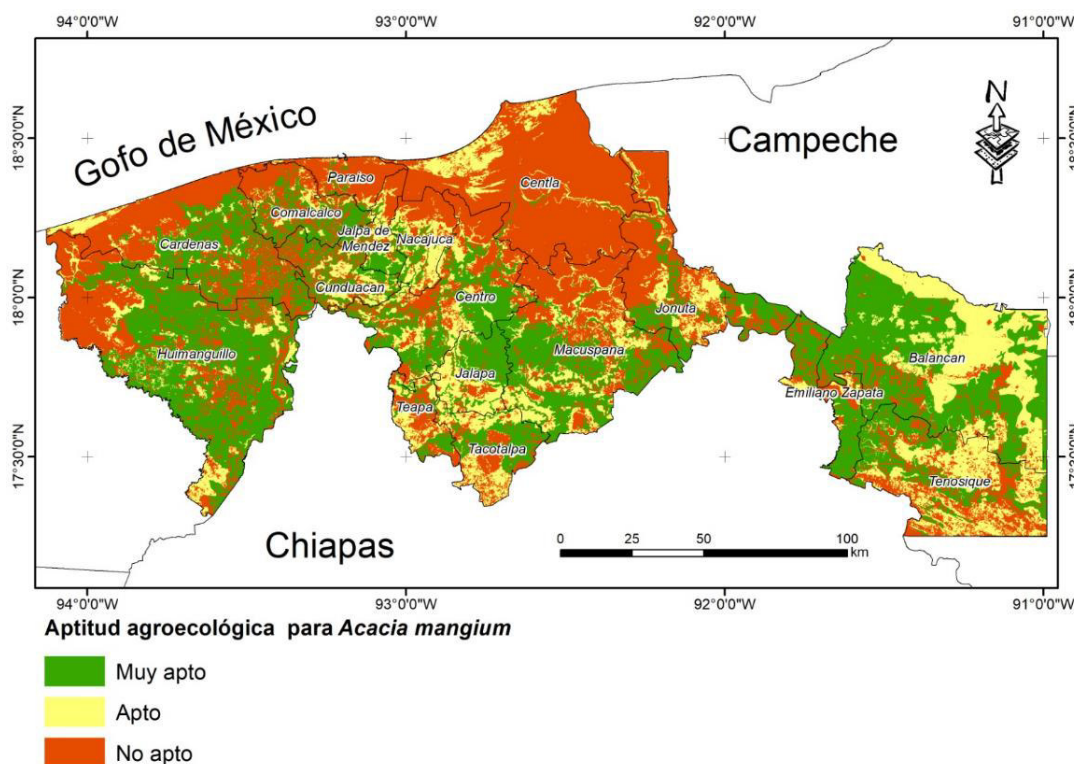


Figura 5. Zonas con aptitud agrológica para establecer *Acacia mangium* en el estado de Tabasco, México.

El resultado de la combinación del mapa de zonificación agroecológica y del mapa del uso de suelo y vegetación se tuvo una diferencia restringida para el establecimiento de la *Acacia mangium*, su distribución del uso actual corresponde a pastizales, matorrales y vegetación de galería principalmente como zonas muy aptas; mientras que la clase apta fue identificada en los lomeríos con uso de acahuals y la clase no apta se distribuye al en los humedales, manglares, así como en la zona Sierra, en suelos Leptosoles. Este tipo de análisis donde se compara las zonas potenciales de un cultivo con el uso de suelo actual ha sido reportado por Valencia-Trejo et al. (2019) para el estado de Puebla, México.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

La aptitud por clima es muy alta, las características edáficas presentan pocas limitantes debido que la Acacia es una especie tolerante a suelos de baja fertilidad y es mejoradora de suelos degradados.

Los recursos naturales y agrícolas marcan esta diferencia entre la ZAE y mapa del uso del suelo, es principalmente la vegetación natural, derivado de las políticas de conservación, por lo tanto, de ninguna otra manera podría ser utilizado para otra actividad, así como los cultivos agrícolas (cacao, caña de azúcar, forestales) que se consideran económicamente redituables.

Aceves-Navarro, L.A., Rivera-Hernández, B. 2019. Clima, en Mata-Zayas, E. E., Palma-López D.J. (eds.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Tabasco. La Biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado: Vol. I. CONABIO, México. 61-68.

Aceves-Navarro, L. A., Rivera-Hernández, B., Santillán-Fernández, A., Arrieta-Rivera, A., Juárez-López, J. F., Gutiérrez-Burón, R. 2020. Impacto del cambio climático en la adaptación del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Tabasco, México. Agro Productividad, 13(4). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1618>.

Aguilar-Rodríguez, J. R., Zavala-Cruz, J., Juárez-López, F., Palma-López, D. J., Castillo-Acosta, O., Shirma-Torres, E. 2017. Aptitud edáfica de *Eucalyptus urophylla* st blake en la terraza de Huimanguillo, Tabasco, México. Agroproductividad, 10(12), 79-85.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2020. Mapa de Cobertura del Suelo del Estado de Tabasco. Versión 1.3

Food and Agriculture Organization (FAO). (1997). Zonificación Agroecológica. Guía general. Roma

Jiménez-Ramírez, R. 2013. Clasificación y caracterización de suelos de Tabasco con base en el enfoque geomorfopedológico (Master's thesis).

Koutika, L. S., Richardson, D. M. 2019. Acacia mangium Willd: benefits and threats associated with its increasing use around the world. Forest Ecosystems, 6, 1-13.

Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. Acacia mangium Willd. Ecology, silviculture and productivity. Bogor: CIFOR.

Palma-López, D.J., Jiménez-Ramírez, R., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Gavi-Reyes, F., Palma-Cancino, D.Y., 2017, Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. Agro Productividad, 10, 29-35.

Pascual-Córdova, G., Palma-López, J. D., Obrador-Olán, J. J., García-López, E., Carrillo-Ávila, E., Sánchez-Soto, S., Córdova-Sánchez, A. 2023. Diagnóstico nutrimental y distribución de densidad de longitud de raíces finas en *Acacia mangium* Willd. Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios, 10(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3492>

Reyes M.G., Carmona G, S. L., Fernández, M.E. 2018. Aspectos fisiológicos y de aprovechamiento de *Acacia mangium* Willd. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Caesalpinia violacea* (Miller) Stanley

Librado Roberto Centeno Erguera¹, María Aurelia López Herrera^{1*} y Refugio Ramón
Rivera Leiva¹

Resumen

Caesalpinia violacea, llamada “chacté”, es nativa de México y habita en acahuales y selvas medianas de la Península de Yucatán. Es un árbol de hasta 18 m de altura y 40 cm de diámetro; su madera es dura y resistente al contacto con el suelo; en áreas ganaderas, actualmente es escasa a causa de la sobreexplotación para su uso como poste de cercos; la semilla presenta latencia por la dureza e impermeabilidad de la testa. El objetivo fue determinar el mejor método de escarificación para romper la latencia en semillas de “chacté”. El estudio se realizó en el Campo Experimental Mocoiché, Yucatán, México. El diseño estadístico fue completamente al azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y unidades experimentales de 100 semillas. Los tratamientos fueron: T1) inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas, T2) inmersión en agua hervida y dejar por 24 horas, T3) inmersión en agua hervida y dejar por 48 horas y T0) testigo. La germinación se realizó en charolas y el conteo de plántulas fue semanal, durante 12 semanas; se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y comparación de medias según Tukey. Los tratamientos con agua hervida por 24 y 48 horas mostraron mayor número de semillas germinadas en la segunda semana con 45.75% y 43.25%, respectivamente; sin embargo, al cabo de las 12 semanas, los tres tratamientos con agua alcanzaron germinaciones entre 62 y 66%. Se concluye que la inmersión en agua a temperatura ambiente es suficiente para romper la latencia en semillas de “chacté”

¹Campo Experimental Mocoiché, INIFAP, Yucatán, México; *Autor de correspondencia: lopez.aurelia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Semillas, latencia, escarificación, germinación, inmersión.

Introducción

Las semillas de las especies forestales tropicales, generalmente germinan bien cuando se someten a condiciones de luz, temperatura y humedad favorables; sin embargo, algunas especies producen semillas cuya germinación es sumamente difícil, aún en condiciones óptimas, estas semillas presentan un estado de latencia, conocido también como dormancia o letargo (Camacho, 2000; Sanabria *et al.*, 2004; Madueño *et al.*, 2006).

Aunque existen varios tipos de latencia, la más común es la latencia física, la cual es ocasionada por la testa extremadamente dura de la semilla, de tal manera que hace impermeable la cubierta de la semilla; es común que esta condición de la semilla esté asociada a una estrategia ecológica de supervivencia de ciertas especies que habitan en climas estacionalmente severos como los secos, semi-secos y subtropicales; esta dureza de la semilla da como resultado que la germinación sea tardía y generalmente irregular; esto permite seguridad de que al menos algunas plántulas sobrevivan a las condiciones difíciles (Willan, 2001; Sanabria *et al.*, 2001 y 2004).

Si bien esta estrategia ecológica funciona en la naturaleza, en la producción masiva de plántulas en vivero, la latencia es una limitante para la obtención de una germinación rápida y uniforme, al evitar la entrada de agua al interior de la semilla e hidratar al embrión; para eliminar esta condición de la semilla se requiere de la aplicación de tratamientos pre-germinativos o de escarificación (Yépez y Arboleda, 2009). La función de la escarificación es permeabilizar la cubierta de la semilla, con la finalidad de eliminar la dormancia de las semillas y acelerar su germinación (Sanabria *et al.*, 2001; Ramón *et al.*, 2002; Briceño y Maciel, 2004).

Aunque existen muchos pre-tratamientos y materiales para romper la latencia, el agua es la sustancia más utilizada debido a su disponibilidad, bajo riesgo en su manejo, bajo costo y eficacia. (Camacho, 2000; Willan, 2001; Sanabria *et al.*, 2001; Sanabria *et al.*, 2004; Briceño y Maciel, 2004; Madueño *et al.*, 2006; Yépez y Arboleda, 2009).



La especie *Caesalpinia violacea*, conocida como chacté o chacté viga, es una especie nativa de México que habita en selvas medianas de la Península de Yucatán. Es un árbol que alcanza hasta 18 m de altura y diámetro de hasta 40 cm; su madera es dura, pesada, muy resistente y durable al contacto con el suelo; en áreas ganaderas su población ha sido diezmada por sobreexplotación debido a su amplio uso como poste para cercos. La semilla presenta latencia por la dureza e impermeabilidad de la testa.

Es una especie de múltiples usos, desde construcciones rurales, leña, ornamental hasta melífera. Su madera es muy apreciada y es protegida por los habitantes del medio rural, ya que por la dureza del centro (duramen) de la madera, es ampliamente utilizada como parte de construcciones rurales en contacto con el suelo sin deteriorarse y durar mucho tiempo en estas condiciones. Por su uso múltiple y gran adaptación a diversas condiciones de suelo y clima, le confiere gran valor de uso en restauración forestal y recuperación de áreas degradadas. Es una especie con gran potencial para ser reintroducida en áreas ganaderas y otras áreas en las cuales la sobreexplotación ha diezmado sus poblaciones.

No obstante ser esta especie de gran importancia por su amplia gama de usos, no se cuenta con información tecnológica para su cultivo; se carece de información sobre los requerimientos silviculturales para el establecimiento de plantaciones; se desconocen las especificaciones técnicas para la producción de plántulas en vivero, principalmente en lo concerniente a tratamientos pre-germinativos, para romper la latencia de la semilla ocasionada por la dureza e impermeabilidad de la testa. En este contexto, el objetivo del presente estudio, fue determinar el mejor tratamiento pre-germinativo para eliminar la dureza de la testa en semillas de *C. violacea* y acelerar y uniformizar su germinación.



2.- Testigo. Fue la semilla sin pretratamiento, solamente fue beneficiada.

3.- Diseño experimental. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, tres de inmersión y un testigo, cuatro repeticiones, 100 semillas por unidad experimental, 400 semillas por tratamiento y un total de 1,600 semillas para todo el experimento. Los tratamientos fueron: a) agua a temperatura ambiente y remojo por 24 horas (T1), b) agua hervida y remojo por 24 horas (T2), c) agua hervida y remojo por 48 horas (T3) y d) testigo (T0). La germinación se realizó en charolas y el conteo de plántulas fue semanal, durante 12 semanas. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias según la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

La germinación inicio una semana después de la siembra. A las 12 semanas se registró una germinación del 62 al 66%, que fueron los valores mínimo y máximo. Sin embargo, a la segunda semana ya se tenían porcentajes de germinación de alrededor del 45%, de los tratamientos correspondientes a la inmersión y remojo en agua hervida. El porcentaje de germinación fue afectado ($P < 0.01$) por la escarificación. Los valores más altos correspondieron a la inmersión en agua hervida (100°C) con valores de 45.75 y 43.25%, para 24 y 48 horas de remojo, respectivamente, seguidos por la inmersión en agua a temperatura ambiente con 11%. En el tratamiento de control o testigo se registró el valor más bajo con 9% de germinación. Estos fueron para el mismo periodo de dos semanas.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos con los tratamientos de inmersión y el testigo, así como la agrupación según la comparación de medias con el coeficiente de variación correspondiente. No se detectaron diferencias significativas entre el testigo y el

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large tree in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large tree in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Se encontraron diferencias significativas entre grupos de tratamientos, con un coeficiente de variación de 12.5%. La comparación de medias indica que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes por grupos y que los tratados con agua hervida fueron superiores al tratamiento con inmersión y remojo en agua a temperatura ambiente y al testigo. A través del tiempo, la diferencia entre los tratamientos disminuyó de tal manera que, al término de las 12 semanas del estudio, el porcentaje de germinación fue similar entre los cuatro tratamientos.

El porcentaje máximo permaneció como tal hasta el término del estudio, no así el porcentaje mínimo que fue en aumento hasta la tercera semana en la que se registró un valor del 18% (Figuras 1 y 2).

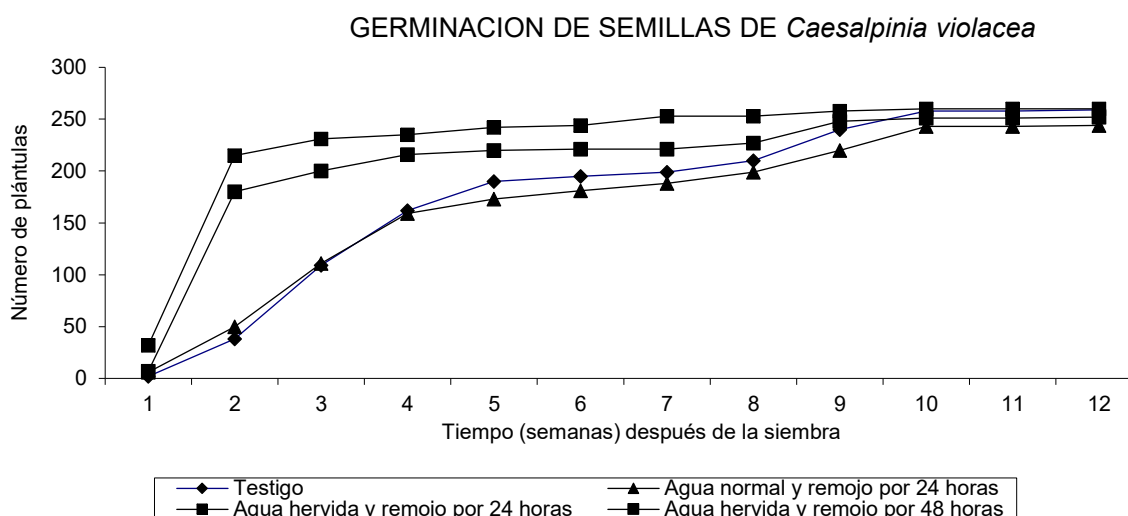


Figura 1. Germinación de semillas de *C. violacea* expresada en número de plántulas registradas semanalmente.

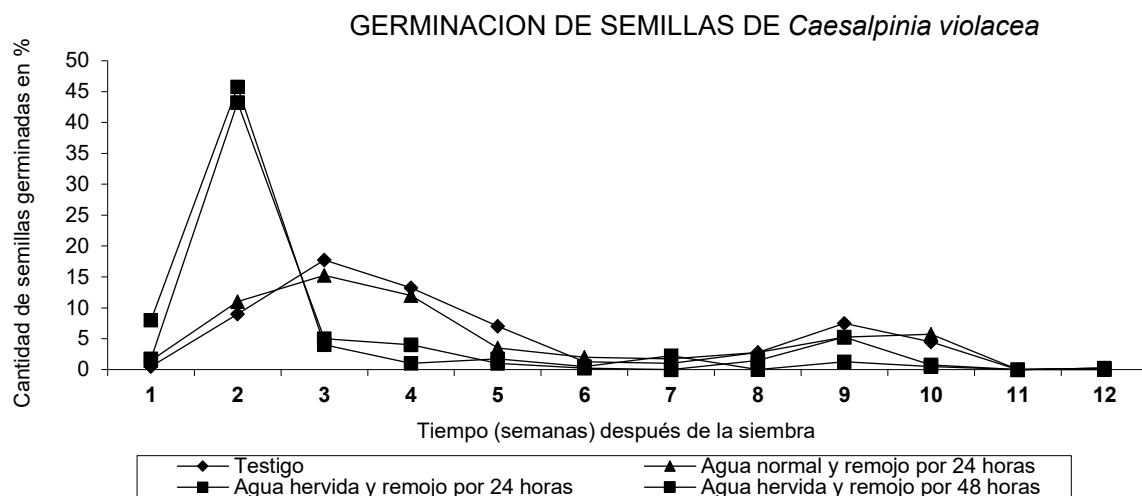


Figura 2. Germinación de semillas de *C. violacea* expresada en porcentaje (%) registradas semanalmente.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman la latencia en semillas de *Caesalpinia violacea*, la cual puede eliminarse a través de la escarificación por inmersión en agua hervida y remojo por varias horas.

El mejor tratamiento para estimular la germinación de semillas de *C. violacea*, es la inmersión en agua hervida y permanecer en remojo por 24 horas, con lo cual se garantiza al cabo de dos semanas, 45.75% de germinación.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Sanabria D., Silva A. R., Oliveros M. y Barrios R. 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. Bioagro 13(3): 117-124.

Sanabria D., Silva A. R., Oliveros M. y Manrique U. 2004. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratilia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Bioagro 16(3): 225-230.

Willan R., L. 2001. Pretratamiento de semillas. PRONARE, Red Mexicana de Germoplasma Forestal No. 6: 13-27.

Yépez F. y Arboleda M. E. 2009. Promoción de la emergencia en urape (*Bauhinia monandra* Kurz) y retama (*Thevetia peruviana* (Pers) Schum), especies potenciales para la arboricultura urbana. Bioagro 21(1): 15-22.

DESARROLLO DE *Maconellicoccus hirsutus* (Green) BAJO CONDICIONES DE TABASCO EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO

Pablo Ulises Hernández Lara^{1*}, Miguel Ángel Ramírez Guillermo¹, Eder Ramos Hernández¹ y Diana Rubi Ramos López²

Resumen

En Tabasco, la cochinilla rosada del hibisco (CRH) *Maconellicoccus hirsutus*(Green) es una especie de importancia económica y agrícola, considerada altamente polífaga y que afecta gran diversidad de especies de plantas frutales, forestales, ornamentales, hortalizas, así como plantas silvestres, por lo que representa una amenaza para la producción en el estado. Los primeros registros de la cochinilla rosada del hibisco en la entidad son relativamente recientes, por lo que se cuenta con escasa información local para su manejo. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar los tiempos de desarrollo de *M. hirsutus* bajo las condiciones del estado de Tabasco en diferentes épocas del año. Así mismo, evaluar mediante estadística descriptiva los tiempos de duración entre estadios y el número de generaciones durante el periodo de septiembre 2021 a septiembre 2022. Lo anterior con la finalidad de tener mayor conocimiento con la plaga que conlleven a la búsqueda de herramientas de manejo. Se utilizaron cinco plantas de cacao clon 8 INIFAP para el desarrollo del estudio. La inoculación de la CRH sobre las plantas de cacao se hizo dentro de jaulas entomológicas construidas con malla antiáfido. La infestación inició con la postura de un ovisaco por planta y se colocó en el brote terminal. Se realizaron muestreos diarios para observar y registrar los cambios en la apariencia del insecto. La generación que expresó menor número de días fue la del periodo comprendido de fines de abril a principios de junio de 2022 con 33 días en promedio, lo cual se atribuye a que, en ese periodo, las temperaturas

¹Campo Experimental Huimanguillo CIRGOC – INIFAP, ²Universidad Popular de la Chontalpa. *Autor de correspondencia: hernandez.ulises@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Introducción

En México, la CRH se reportó por primera vez en 1999 en Mexicali, Baja California (Miller, 1999). En el 2004 SENASICA inició la campaña para el control y erradicación por ser considerada una plaga cuarentenaria y catalogada bajo control fitosanitario. Como estrategia de manejo integrado de plagas se liberaron enemigos naturales como parasitoides *Anagyrus kamali* (Moursi) y *Gyranusoidea indica* (Shafee, Alam y Agarwa) y depredadores *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) en los estados de Nayarit y Jalisco, México (Arredondo y Mellín, 2004; García-Valente *et al.*, 2009; Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013). En el 2013, en Tabasco se reportó su presencia en el municipio de Emiliano Zapata (Miller, 1999, SENASICA, 2020) y en el 2014 se implementó la campaña de vigilancia y control, la cual concluyó en 2019. A pesar de las campañas implementadas por SENASICA, actualmente la plaga se encuentra distribuida en 19 estados de la Republica incluyendo el estado de Tabasco.

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L; Malvaceae), es un cultivo emblemático y representativo en el estado de Tabasco. Actualmente, esta actividad agrícola se encuentra amenazada por insectos-plagas propicios a desarrollarse en las condiciones ambientales típicas como altas temperaturas y lluvias características de la entidad (Hernández *et al.*, 2020). La interacción insecto, hospedero (cochinilla rosada, cacao), afecta a la planta de cacao, por lo que representa una seria amenaza para la producción local de la entidad.

En Tabasco, los primeros registros de *M. hirsutus* son relativamente recientes, por lo que se cuenta con escasa información local para su manejo. Así mismo, es importante mencionar que, en el Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco perteneciente al Centro de Investigación Regional Golfo – Centro del INIFAP se resguardan 108 accesiones de materiales de cacao que se albergan como Banco de Germoplasma de Cacao (BGC). Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el tiempo de desarrollo de la CRH *Maconellicoccus hirsutus* (Green) bajo las condiciones ambientales del estado de Tabasco en diferentes épocas del año y la relación que guarda el insecto con dichas condiciones en esta región de México. Así mismo, evaluar mediante estadística descriptiva los tiempos de duración entre estadios y el número de generaciones durante el periodo de estudio. Lo anterior con el fin de tener mayor conocimiento de la plaga ya que es una especie de importancia económica y agrícola, considerada altamente polífaga y que afecta una diversidad de especies de plantas frutales, forestales, ornamentales, hortalizas, así como plantas silvestres, por lo que representa una amenaza para la producción en el estado.

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco del CIRGOC- INIFAP, localizado en las coordenadas 17°51'7.80" N y 93°23'43.50" W durante el periodo de septiembre 2021 a septiembre 2022. Esta zona como en la mayor parte del territorio de la entidad (95%) presenta clima cálido húmedo con una temperatura

promedio anual que varía de 25 a 27°C prevaleciendo el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) y precipitación media anual de 2200 mm.

Obtención del material biológico

Los ovisacos de la cochinilla rosada del hibisco que se utilizaron para el estudio se colectaron en el Banco de Germoplasma de Cacao (BGC) del Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP. Estas estructuras reproductivas se colectaron en brotes, ramas y frutos infestados de plantas de la accesión RIM 68 clasificado taxonómicamente como *Theobroma cacao* subsp. *cacao* forma *pentagonum* (Bernoulli) Cuatr., comb. nov. (Cuatrecasas, 1964). Se eligió el material RIM 68 para la colecta de ovisacos, debido a que periódicamente se encuentra infestado por *M. hirsutus* (Figura 1). La cochinilla rosada se identificó taxonómicamente en el Laboratorio de Entomología del INIFAP- CEHUI antes del establecimiento de la cría de este insecto. La revisión taxonómica se realizó de acuerdo con las claves descriptivas para hembras adultas (Meyerdirk et al., 2003; Miller, 1999; Miller et al., 2014; Williams, 1986), y el montaje en bálsamo de Canadá (Caballero et al., 2017). Se utilizaron jaulas entomológicas con el objetivo de mantener controlada la población de insectos y estas se colocaron en sitios específicos simulando las condiciones naturales del medio. Las plantas de injerto de cacao clon 8 INIFAP fueron proporcionadas por el vivero “Viveros Mirafuentes” ubicado en el municipio de Cárdenas, Tabasco.



Figura 1. Material RIM 68 infestado con CRH para la colecta de ovisacos e identificación taxonómica. Fotos por P. U. Hernández Lara.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The bottom image shows a wide view of a lush green field with rows of young cocoa trees.

Resultados y Discusión

La CRH en el cultivo de cacao significa una seria amenaza desde el punto de vista económico y agrícola, por los daños que causa en la planta, por las altas poblaciones persistentes y presentes en las plantaciones en la mayor parte del año y por el difícil manejo que representa. Los principales daños que se observan son la deformación de ramas, proliferación de yemas axilares, arrosamiento de yemas apicales, marchitez de flores, deformación de frutos y hojas (Ramos *et al.*, 2021). Por su parte, la CRH produce una gran cantidad de mielecilla que se deposita sobre hojas y frutos que da lugar a la proliferación de hongos que cubren el área foliar, dando paso a una reducción del proceso fotosintético vital para el desarrollo de las plantas.

Para este estudio se utilizaron plantas de cacao clon 8 INIFAP con características aceptables de sanidad y vigor. La altura de las plantas, el número de hojas y el número de nuevos rebrotes de cada planta se midieron solo durante los primeros meses de iniciado el estudio (septiembre – diciembre de 2021), debido a que posterior a ese tiempo, las plantas no presentaron cambios en su apariencia ni se expresaron nuevos síntomas. Por lo anterior, no se consideró relevante continuar con la medición de dichos parámetros en los meses posteriores del estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros promedio en plantas de cacao clon 8 INIFAP durante los primeros meses del estudio (septiembre – diciembre 2021)

Material	Altura (cm)	Núm. De hojas	Núm. de nuevos brotes	Núm. de ovisacos
R1 Clon 8 INIFAP	49.0	10.5	1.0	1
R2 Clon 8 INIFAP	43.6	18.2	3.2	1
R3 Clon 8 INIFAP	38.2	9.5	2.5	1
R4 Clon 8 INIFAP	43.3	12.7	0.75	1
R5 Clon 8 INIFAP	44.7	10.7	1.5	1

Ciclo de vida de la CRH

La hembra para cumplir el periodo de vida pasa por cinco etapas de desarrollo que son: huevo, tres instares ninfales (NI, NII y NIII) y adulto. El macho pasa por seis etapas de desarrollo que son huevo, cuatro instares ninfales (NI, NII, NIII y NIV) y adulto. Otros autores mencionan a las etapas de desarrollo del macho de la siguiente manera, huevo, dos instares ninfales (NI y NII), pre pupa, pupa y adulto. La etapa de ninfa puede durar hasta 30 días dependiendo de la temperatura del sitio. Durante el periodo de estudio la temperatura promedio mínima y máxima registrada fue de 17.8°C y 37.4°C, en los meses de febrero y mayo, respectivamente. El promedio de temperatura durante los meses del estudio fue de 25.6°C. La temperatura es una variable fundamental en el tiempo de desarrollo del insecto y de la duración del ciclo de vida de esta plaga. Chong *et al.*, (2008) mencionan que la cochinilla rosada del hibisco requiere de 29.8 días a una temperatura de 27°C para completar el desarrollo de huevo a adulto y que las hembras adultas pueden vivir de 19-28 días, mientras que los machos adultos de 1.4 a 3.4 días. Bajo condiciones de laboratorio, *M. hirsutus* puede presentar de 10 a 15 generaciones en un año (Mani, 1989; Meyerdirk *et al.*, 2003). Durante el estudio, el tiempo de desarrollo de los diferentes estadios varió según las condiciones ambientales que se presentaron en la zona. A continuación, en los cuadros 2 y 3 se menciona el número total y el promedio de insectos de *M. hirsutus* respectivamente por estadio de desarrollo (huevo a adulto) y los días registrados a partir de la colocación de un ovisaco desde el inicio al fin del estudio, así como otros datos relevantes.

Cuadro 2. Número total de insectos de *M. hirsutus* por estadio de desarrollo bajo las condiciones de Tabasco en diferentes épocas del año durante el periodo de estudio

Fecha de colocación del ovisaco 24-septiembre-2021 al 11-noviembre-2021						
Material	Infestación Inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, III, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	115	22	12	1	150
R2 Clon 8 INIFAP	1	31	20	8	-	59
R3 Clon 8 INIFAP	1	60	18	3	-	81
R4 Clon 8 INIFAP	1	83	2	11	1	97
R5 Clon 8 INIFAP	1	51	16	16	-	93
Fecha de colocación del ovisaco 11-noviembre-2021 al 31-diciembre-2021						
Material	Infestación Inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, III, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	142	13	18	-	173
R2 Clon 8 INIFAP	1	22	26	-	-	48
R3 Clon 8 INIFAP	1	101	34	11	-	146
R4 Clon 8 INIFAP	1	65	-	-	-	65
R5 Clon 8 INIFAP	1	55	19	3	6	83
Fecha de colocación del ovisaco 31-diciembre-2021 al 18-febrero-2022						
Material	Infestación Inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, III, IV)	Hembras adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	41	13	-	-	51
R2 Clon 8 INIFAP	1	226	21	11	-	258
R3 Clon 8 INIFAP	1	86	9	4	-	99
R4 Clon 8 INIFAP	1	34	16	4	-	54
R5 Clon 8 INIFAP	1	90	-	-	-	90
Fecha de colocación del ovisaco 18-febrero-2022 al 26-marzo-2022						
Material	Infestación Inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, III, IV)	Hembras adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	118	16	9	2	145
R2 Clon 8 INIFAP	1	101	21	12	-	134
R3 Clon 8 INIFAP	1	41	14	8	-	63
R4 Clon 8 INIFAP	1	28	9	-	1	38
R5 clon 8 INIFAP	1	63	12	6	1	82
Fecha de colocación del ovisaco 26-marzo-2022 al 30-abril-2022						
Material	Infestación inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, III, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	124	24	6	-	154
R2 Clon 8 INIFAP	1	90	14	16	-	120

R3 Clon 8 INIFAP	1	66	21	14	1	102
R4 Clon 8 INIFAP	1	102	19	8	1	130
R5 Clon 8 INIFAP	1	111	22	3	1	137

Fecha de colocación del ovisaco

30-abril-2022 al 02-junio-2022

Material	Infestación inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, II, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	211	36	23	-	270
R2 Clon 8 INIFAP	1	100	41	31	-	172
R3 Clon 8 INIFAP	1	32	63	11	-	106
R4 Clon 8 INIFAP	1	18	14	6	-	38
R5 Clon 8 INIFAP	1	155	19	2	-	176

Fecha de colocación del ovisaco

02-junio-2022 al 09-julio-2022

Material	Infestación inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, II, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	190	13	-	1	204
R2 Clon 8 INIFAP	1	131	-	2	-	133
R3 Clon 8 INIFAP	1	46	14	14	-	74
R4 Clon 8 INIFAP	1	11	18	18	5	52
R5 Clon 8 INIFAP	1	5	23	6	-	34

Fecha de colocación del ovisaco

09-julio-2022 al 17-agosto-2022

Material	Infestación inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, II, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	185	-	-	1	186
R2 Clon 8 INIFAP	1	126	18	6	-	150
R3 Clon 8 INIFAP	1	55	3	10	1	69
R4 Clon 8 INIFAP	1	12	6	16	2	36
R5 Clon 8 INIFAP	1	2	11	6	-	19

Fecha de colocación del ovisaco

17-agosto-2022 al 24-septiembre-2022

Material	Infestación inicial	Núm. de huevos	Ninfas (I, II, II, IV)	Hembras Adultas	Machos adultos	Total
R1 Clon 8 INIFAP	1	45	16	5	1	67
R2 Clon 8 INIFAP	1	111	8	-	1	120
R3 Clon 8 INIFAP	1	22	3	12	-	37
R4 Clon 8 INIFAP	1	145	5	11	-	161
R5 Clon 8 INIFAP	1	36	10	8	-	54

(-) sin presencia de insectos

Cuadro 3. Promedio de insectos de *M. hirsutus* por estadio de desarrollo en función a la época del año y al periodo de evaluación

Época	Periodo de evaluación	Huevos	Ninfas	Hembras	Machos
LL-N	sep-nov 21	68.0	15.6	10.0	0.4
N	nov-dic 21	77.0	18.4	6.4	1.2
N	dic-feb 22	95.4	11.8	3.8	0
N	feb-mar 22	70.2	14.4	7.0	0.8
S	mar-abr 22	98.6	20.0	9.4	0.6
S	abr-jun 22	103.2	34.6	14.6	0
LL	jun-jul 22	76.6	13.6	8.0	1.2
LL/ Intraestival	jul-ago 22				
LL	Ago-sep 22	76.0	7.6	7.6	0.8
		71.8	8.4	7.2	0.4

A continuación, en los cuadros 4 y 5 se menciona los días de desarrollo de los diferentes estadios, los días promedio de desarrollo, los días entre generaciones y el número de generaciones de *M. hirsutus* bajo las condiciones de Tabasco en diferentes épocas del año a partir de la colocación de un ovisaco desde el inicio al fin del estudio.

Cuadro 4. Promedio de insectos de *M. hirsutus* por estadio de desarrollo en función a la época del año y al periodo de evaluación

24-septiembre-2021 al 11-noviembre-2021		
Estadios de desarrollo	Días de desarrollo de estadios por repetición	Días promedio de desarrollo de estadios
Huevo	14, 8, 9, -, 9	10
Ninfa I,II,II,IV	22, -, 23, 22, 23	22.5
Hembra adulta	-, -, 29, 21, 19	23
Macho adulto	2, -, -, - 1	1.5
Días entre generación		48
Total de generaciones		1
11-noviembre-2021 al 31-diciembre-2021		
Huevo	12, 17, 14, -, 15	14.5
Ninfa I,II,II,IV	-, -, -, 25, 26	25.5
Hembra adulta	-, 22, -, 19, 23	21.3
Macho adulto	-, -, -, -, -	-
Días entre generación		50
Total de generaciones		1
31-diciembre-2021 al 18-febrero-2022		
Huevo	19, 11, 9, 10, 8	11.4

Ninfa I,II,II,IV	-, -, -, 22, 30	26
Hembra adulta	22, -, 26, 21, 19	22
Macho adulto	1, 1, 1, -, -	1
Días entre generación	49	
Total de generaciones	1	
18-febrero-2022 al 26-marzo-2022		
Huevo	8, 6, 11, 8, 9	8.4
Ninfa I,II,II,IV	28, 25, 31, 27, 31	28.4
Hembra adulta	-, -, -, - 18	18
Macho adulto	-, -, -, -, -	-
Días entre generación	36	
Total de generaciones	1	
26-marzo-2022 al 30-abril-2022		
Huevo	12, 8, -, 10, 10	10.0
Ninfa I,II,II,IV	22, 20, 26, 22, 22	22.4
Hembra adulta	-, 14, 16, -, 15	15.0
Macho adulto	-, -, 2, 1, -	1.5
Días entre generación	35	
Total de generaciones	1	
30-abril-2022 al 02-junio-2022		
Huevo	10, 7, 9, -, -	8.6
Ninfa I,II,II,IV	-, 19, -, 20, 26	21.6
Hembra adulta	16, 18, -, 16, 20	17.5
Macho adulto	1, -, -, -, .2	1.5
Días entre generación	33	
Total de generaciones	1	
02-junio-2022 al 09-julio-2022		
Huevo	12, 10, -, 13, 8	10.7
Ninfa I, II, II, IV	21, 23, -, 25, 24	23.2
Hembra adulta	23, -, 25, -, -	24
Macho adulto	-, 1, -, -, -	1
Días entre generación		
Total de generaciones		
09-julio-2022 al 17-agosto-2022		
Huevo	8, 11,9, 11, -	9.7
Ninfa I, II, II, IV	21, 22, 26, -, -	23
Hembra adulta	22, 19, 21, -, 18	20
Macho adulto	-, 1, -, 2, -	1.5
Días entre generación		
Total de generaciones		

17-agosto-2022 al 24-septiembre-2022

Huevo	12, 12, 14, 13, 11	12.4
Ninfa I, II, III, IV	-, 23, 26, 24, -	24.3
Hembra adulta	-, 19, 21, -, -	20
Macho adulto	-, -, 1, -, 1	1
Días entre generación	38	
Total de generaciones	1	

Promedio en días que tarda una generación: 40.5

Número de generaciones al año en las condiciones de Tabasco: 9.0

(-) sin presencia de insectos

Cuadro 5. Época del año, días entre generaciones, número de generaciones, días promedio de desarrollo de estadios y longevidad promedio de hembras y machos adultos durante el periodo de estudio

Época	Periodo de evaluación	Temp promedio (°C)	Días entre generaciones	Número de generaciones	DPD-H	DPD-N	Longevidad	
							HA	MA
LL-N	Sep-nov 21	25.2	48	1	10	22.5	23	1.5
N	Nov-dic 21	24.0	50	1	14.5	25.5	21.3	0
N	Dic-feb 22	22.2	49	1	11.4	26	22	1
N	Feb-mar 22	20.0	36	1	8.4	28.4	18	0
S	Mar-abr 22	25.2	35	1	10	22.4	15	1.5
S	Abr-jun 22	27.5	33	1	8.6	21.6	17.5	1.5
LL	Jun-jul 22	26.7	37	1	10.7	23.2	24	1
LL/ Intraestival	Jul-ago 22	27.0	39	1	9.7	23	20	1.5
LL	Ago-sep 22	25.2	38	1	12.4	24.3	20	1
$\Sigma=365$					$\bar{x}=10.6$	$\bar{x}=24.1$	$\bar{x}=20.1$	$\bar{x}=1.0$
$\Sigma=9.0$								

DPD-H: días en promedio de desarrollo de los huevos

DPD-N: días en promedio de desarrollo de las ninfas

HA: Hembra adulta MA: Macho adulto

Los días en promedio de desarrollo por estadio de la CRH durante el estudio se describen a continuación. El promedio en días de los huevos fue de 10.6. Para el caso de las ninfas, se registraron en conjunto todos los estadios ninfales, más no por diferencias entre ellas, lo anterior debido a la velocidad a la que se desplazan (caminantes) y a la complejidad que esta actividad genera para el conteo por el parentesco en apariencia y tamaño que tienen las ninfas entre instares. Los días en promedio del desarrollo completo de las ninfas (NI a NIV) fue de 24.1. Por su parte, los días promedio para las hembras y machos en etapa adulta fue de 20.1 y 1.0 respectivamente. Mani (1989), menciona que la duración en días para cada instar ninfal de la hembra de CRH es de 6.6 para NI, 6.5 para NII y 8 para NIII, alcanzando su estado adulto en 26 días.

El desarrollo de la CRH a partir de la colocación de un ovisaco por planta dio como resultado 9.0 generaciones al año. El periodo más largo que le llevo a la CRH en cubrir todas sus etapas de desarrollo fue en los meses de noviembre a diciembre del año 2021 con 50 días. Este comportamiento se atribuye las condiciones ambientales presentes en el sitio durante el tiempo del estudio como lo son días nublados, precipitaciones constantes y temperaturas por debajo de la media, las cuales aletargaron el ciclo de vida del insecto. Caso contrario, el periodo que le llevo a la CRH en cubrir todas sus etapas en menor tiempo fue en los meses de abril a junio del año 2022 con 33 días para completar su ciclo de vida, lo anterior debido al aumento de las temperaturas, lo que posibilita a acelerar la tasa de reproducción del insecto y supervivencia del mismo.

El número de días que le lleva a la CRH completar su ciclo de vida, dependerá primordialmente de las condiciones ambientales presentes en el sitio de estudio, principalmente, la temperatura y unidades calor, que son las que reducen o alargan los días de desarrollo y en consecuencia la presencia o ausencia del insecto. La CRH requiere de una temperatura óptima de 27°C para completar su ciclo de vida. Chong *et al.*, (2008), determinaron tasas de desarrollo y reproducción de la CRH a temperaturas constantes.

Así como en muchos insectos poiquiloterms, llamados recientemente “ectoterms” que regulan su temperatura corporal a partir de la temperatura ambiental, la CRH para completar eficientemente su ciclo de vida, requiere de temperaturas altas y constantes a partir de la

media (27°C), lo anterior se debe a que estas temperaturas provocan una mayor tasa de reproducción, mayor fecundidad que se traduce en un mayor número de huevos por hembra, así como una mayor fertilidad que se traduce en un mayor número de huevos viables y que recae en una mayor supervivencia de adultos para generar progenie en periodos más cortos. Lo anterior provoca un problema grave, en donde constantemente la presencia del insecto se mantendría en sitios de interés.

Conclusión

La generación que expresó menor número de días fue la del periodo comprendido de los últimos días de abril a los primeros días de junio del año 2022 con 33 días en promedio, lo cual se atribuye a que, en ese periodo, las temperaturas por encima de 27°C fueron constantes, acortando el ciclo de vida del insecto. Durante el periodo de estudio y bajo las condiciones ambientales del estudio, los días en promedio que tardó en pasar la CRH de una generación a otra fueron 40.5, lo cual equivale a 9.0 generaciones que desarrolló la CRH bajo las condiciones ambientales de Tabasco en el presente estudio. El clima tropical característico del estado de Tabasco representa un ambiente adecuado para el desarrollo de *M. hirsutus*

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto “Identificación del vector del agente causal de las anomalías y engrosamiento del rebrote y ramas de *Theobroma cacao* L. en Tabasco” SIGI: 9481135092. Así mismo, se agradece al M.C. Felipe Mirafuentes Hernández, ex investigador del INIFAP, por haber facilitado los materiales de cacao clon 8 INIFAP.

Literatura Citada

Arredondo B, C. H. y Mellín R, M. A. 2004. El control biológico de plagas en cultivos tropicales. In: Editor: Luciano Martínez Bolaños; Carlos Fredy Ortiz García; Rodolfo Osorio Osorio; Pablo Ruiz Beltrán; Walter Méndez Alcudia; Alejandro García Muñiz; Mario

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Gerónimo, L. V., S. Sánchez S., N. Bautista M., M. Pérez C. y H. J. Mendoza. 2013. Fluctuación poblacional de *Clastoptera laenata* (Hemiptera: Clastopteridae) en el cultivo del cacao en Tabasco, México. Fitosanidad, 17 (3): 131-137.

Gutiérrez-Ramírez A, Robles-Bermúdez A, Santillán-Ortega C, Ortiz-Catón M, Cambero-Campos O. J. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 2(3): 102-112. ISSN 2007-3380 <http://biociencias.uan.edu.mx>.

Hernández-Gómez E., J. Hernández-Morales, C. H. Avendaño-Arrazate, G. L-Guillen, E. R. Garrido-Ramírez, J. Romero-Nápoles y C. Nava-Díaz. 2015. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 232-246.

Hernández-Lara, P. U, M. A. Ramírez-Guillermo y E. Ramos-Hernández. 2020. Ciclo biológico de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en plántulas de cacao. Rev. Ciencia e Innovación 3(2): 395-402.

Mani M. 1989. Una revisión de la cochinilla rosada - *Maconellicoccus hirsutus* (Green). Insect Science and its Application 10: 157-167.

Marsaro-Júnior, A. L., Peronti, A. L. B. G., Penteado-Dias, A. M., Morais, E. G. y Pereira, PRVS. 2013. First report of *Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908) (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) and the associated parasitoid *Anagyrus kamali* Moursi, 1948 (Hymenoptera: Encyrtidae), in Brazil. Braz. J. Biol., 73 (2), 413-418.

Meyerdirk, D. E., Warkentin, R., Attavian, B., Gersabeck, E., Francis, A., Adams, M y Francis, G. 2003. Manual del proyecto para el control biológico de la cochinilla rosada del

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

MORFOTIPOS NATIVOS DE *Theobroma cacao* L. PRESENTES EN MICHUACÁN, MÉXICO

Miguel Ángel Ramírez Guillermo^{1*}; Rubén Barrera Ramírez²; Ana Laura Reyes Reyes³;
Misaél Martínez-Bolaños³

Resumen

El cacao *Theobroma cacao* L., un árbol perenne es un árbol perenne que crece en zonas húmedas, sus frutos considerados de gran valor en las culturas del México antiguo. El estudio exploratorio en la meseta del Eje Neovolcánico Purépecha de Michoacán, México permitió identificar plantas de cacao silvestre creciendo bajo el cobijo de las condiciones propias de la selva media perennifolia, además las plantas forman parte de la biodiversidad. La planta es conocida como “*cahequa*” en el idioma purépecha, solo se consume en festividades especiales o ceremonias sagradas en forma de chocolate y la bebida típica, atol de chaqueta. Las plantas presentan hojas nuevas de color verde claro, flores albinas (blancas) en todas sus estructuras, fruto en desarrollo de color verde claro que al llegar a la madurez fisiológica es de color amarillo, otras plantas con presencia de antocianina; color rojo, en las hojas nuevas, el pedicelo de la flor, estaminoides y filamento, al igual en la superficie de los frutos maduros de color verde-amarillo, en todos los frutos el mucilago es dulce y de agradable sabor, el interior del cotiledón de color blanco, al realizarles un corte transversal la oxidación ocurre desde el primer segundos de tiempo.

Palabras clave: cacao, silvestre, purépecha, tarascos, criollo

Introducción

El cacao *Theobroma cacao* L. es una planta diploide ($2n=2x=20$), con un genoma de 411 a 494 Mb, de origen neotropical, perenne, de habito umbrofilo, polinización entomófila y

¹ INIFAP Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco; ² INIFAP Campo Experimental Uruapan, Michoacán; ³ INIFAP Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas. *Autor de correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

propio de los bosques tropicales de Mesoamérica y Sudamérica (Cuatrecasas 1964; Motamayor et al., 2008; Allegre, et al 2012), corresponde a la familia Malvaceae (Alverson et al., 1999). El género *Theobroma* está integrada por 22 especies, siendo el cacao la especie más importante en términos económico y social (Espinosa-García, 2015). Se conocen tres grupos morfológicos; el criollo (nativo o silvestre), forastero y la forma híbrida denominada, Trinitario. Estudios genéticos han permitido reconocer actualmente once grupos genéticos (Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guayana, Iquitos, Marañón, Nacional, Nanay, Purús y Caquetá) (Motamayor et al., 2008; Fouet et al., 2022). En México se tiene la presencia del grupo criollo, amelonado y los híbridos naturales provenientes de ambos grupos (Miranda, 1962; Ramírez, 2015; Ramírez-Guillermo et al., 2018).

Actualmente se conocen dos centros de domesticación, dispersión y consumo de *Theobroma cacao* L., el Alto Amazonas en Ecuador (Zarrillo et al., 2018; Abad, Acuña y Naranjo, 2020; Lanaud et al., 2012) y Mesoamérica (México, Guatemala y Honduras) (Lanaud et al., 2024; Cyphers et al., 2011),

En México, históricamente existen evidencias arqueológicas del consumo de cacao por la elite de las antiguas culturas olmecas, mokaya, mayas y aztecas en forma de bebida; de valor nutritivo con más de 500 compuestos químicos, actualmente el consumo en forma de barra; chocolate, tiene una alta demanda en el mercado mundial (Portillo et al., 2009; Hernández, 2013; Lowe 2016; Terry et al., 2022).

En México las antiguas plantas de cacao crecieron de forma silvestre, con el paso del tiempo se ha cultivado bajo el modelo de un agroecosistema (Miranda, 1962; Gómez-Pompa y Kaus 1990; Terry et al., 2022). Se ha reportado la presencia de plantas silvestres de cacao en la región del golfo; Veracruz y el Pacífico en los estados de Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Nayarit, Colima y Jalisco (Alzate y Ramírez 1768; Bergmann, 1969; Mathiowetz, 2019; Yáñez-Rosales, 2022).

En Michoacán, la cuenca de Pátzcuaro fue el centro de dominio del reino Tarasco o P'urhépecha (1200-1521 d. C.), en donde el consumo de cacao fue importante para la elite (Roskamp, 2001; Perlstein, 2004) en bebidas con poco cacao, cacao con chile seco, cacao

con flores y cacao con maíz (Dakin y Wichmann, 2000; Lieto, Perlstein y Jones, 2019), nombraron a la planta de cacao “*cahequa*” en vocablo purépecha. Actualmente en la región P’urhépecha se consume el llamado atole negro de cáscara de cacao o “*atole de chaqueta*”, de descendencia prehispánica (Ojeda y Dávila, 2015). De acuerdo a Roskamp (2001) y Novella et al, (2002), indican que en la región de Tierra Caliente y Zacatula (hoy Lázaro Cárdenas), el cacao fue cultivado bajo un sistema de irrigación por los naturales y continuó cultivándose después de la llegada de los españoles (1522) quienes establecieron plantaciones bajo un sistema de arreglo agrícola e irrigación, de acuerdo al conocimiento de los naturales (Roskamp, 2001; Alzate y Ramírez, 1768). Para 1554 existían 32 plantaciones de cacao en Michoacán (Vargas, 1997; Sánchez, 1992) y el documento Tasación Ortega (1528) indica 18 pueblos tributarios (Rojas, 1990) y en la Relación de Tancítaro (1580) indica 900 tributarios (Bernal, 1952), indicando la importancia del cultivo de cacao. Durante el siglo XVI y XVII las áreas del cultivo de cacao entraron en crisis, sustituyéndose por haciendas ganaderas, plantaciones de aguacate y de cocotero (Novella, 1996; Sánchez, 1992), así como el envejecimiento de las plantas, presencia de plagas que dañan el fruto; monos, loros, gusano taladrador del tallo y hormigas, por fenómenos meteorológicos y climáticos; a pesar de ello los comerciantes europeos apreciaban el cacao producido en el litoral pacífico de México por su calidad (Alzate y Ramírez, 1768; Sánchez, 1992).

El cultivo de cacao en el Pacífico mexicano fue muy importante al igual que su consumo en forma de bebida, el cual trascendió la frontera del territorio mexicano, llegando hasta el suroeste de los Estados Unidos para el consumo de la elite de Pueblo Bonito en el Cañón del Chaco, Nuevo México entre 1000-1125 d. C. y la región Alkali Ridge en Utah en 1700 d. C. (Crown y Hurst, 2009; Washburn, Washburn y Shipkova, 2013; Mathiowetz, 2019).

Se conoce muy poco sobre las descripciones botánicas, morfológicas y genéticas del cacao silvestre cultivado en las costas del Pacífico mexicano (Avendaño et al., 2010; Avendaño et al., 2011). En el estado de Guerrero, el cacao criollo o blanco presenta una coloración verde y al madurar es amarillo y con ello se elabora el “chilate pobre” una bebida típica, las semillas de cacao integran la bebida del “téjate” de Oaxaca (Rendón-Aguilar et al., 1998; Soleri y

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with the cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

El objetivo del estudio fue identificar características morfológicas de los frutos de cacao colectados en la Región Purépecha del estado de Michoacán, México.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el municipio de Nuevo Urecho, Michoacán, en el Eje Neovolcánico situado a 19° 09' 57'' N y 101° 52' 08'' W, a 741 msnm, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w), con una precipitación pluvial anual de 1,000 milímetros y temperaturas que oscilan entre los 14.1°C y 35.5°C (INEGI, 2021). Se visitaron localidades en donde se reportaron la presencia de plantas de cacao, se realizó un diagnóstico de la planta y el ambiente. Se colectaron frutos maduros presentes en el momento de la visita, se tomaron notas de los frutos en desarrollo y hojas nuevas, así como de la pigmentación de las flores. La caracterización morfológicamente se realizó de acuerdo a la lista de descriptores cuantitativos (9 para el fruto y 5 para la semilla) y cualitativos (7 para el fruto y 4 para la semilla) para identificar y clasificarlos los frutos de acuerdo a la metodología ya descrita (Phillips et al., 2012; Ramírez, 2015; Ramírez *et al.*, 2018).

Resultados y Discusión

De los sitios visitados se observaron y constataron la existencia de plantas de cacao, a decir de los informantes, las plantas que poseen, proceden de una antigua hacienda de cacao que existió en la zona. Las plantas fueron replicadas por semilla; unas de cinco años de edad bajo sombra de mango (*Mangifera indica*) y guanábana (*Annona muricata*) (Fig. 1a), otras bajo sombra de *M. indica* únicamente, se encontró una planta de mayor edad sin sombra (Fig. 1b) y una plantación de dos hectáreas aproximadamente bajo sombra de *M. indica* y plátanos (*Musa* spp.). De manera general las plantas presentan un buen estado fenológico; no presentan afectaciones por plagas o enfermedades, se observaron dos tipos de plantas, unas sin la presencia de antocianina; con las hojas nuevas de color verde claro, flores albinas (blancas) en todas sus estructuras, fruto en desarrollo de color verde claro que al llegar a la madurez fenológica es de color amarillo (Fig. 1c, 2a), en otras plantas se notó la presencia del color rojo que indica la presencia de antocianina, en las hojas nuevas, el pedicelo de la flor, estaminoides y filamento, al igual en la superficie de los frutos maduros (Fig. 1d, 2b),



se notó una variante, con presencia de color rojo en sus estructuras vegetativas, en el que el color de los frutos maduros fue verde-amarillo (Fig. 2c), en todos los frutos el mucilago fue de sabor agradable, el interior del cotiledón de color blanco (Fig. 1e).

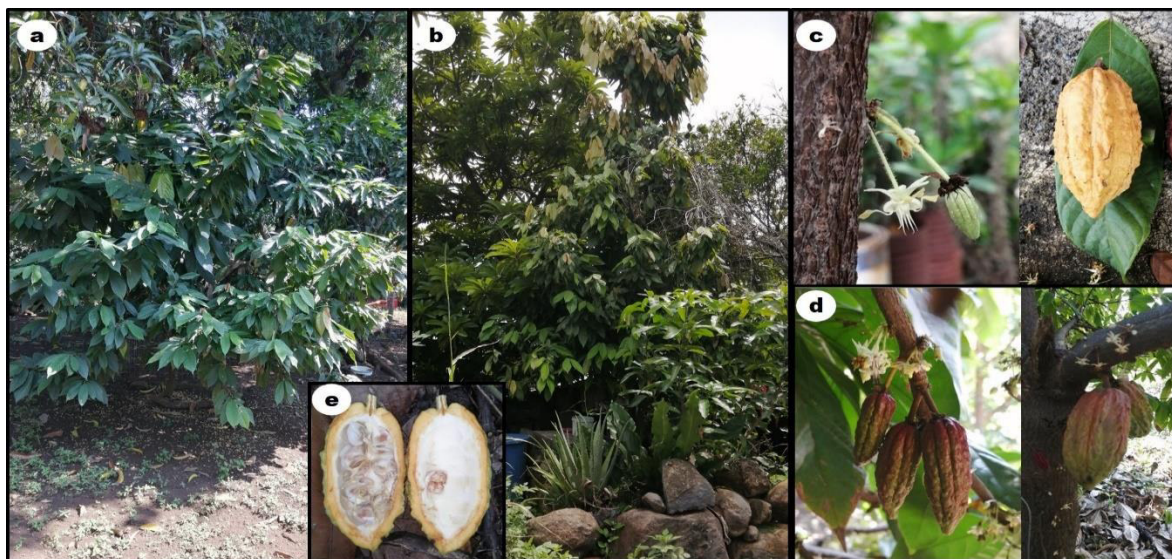


Figura 1. a) plantas de cacao bajo sombra; b) sin sombra; c) flores, futo en desarrollo y maduro; d) flores, frutos en desarrollo y maduro con de color rojo; e) cotiledón blanco.



Figura 2. Color de fruto maduro; a) amarillo; b) rojo; c) verde-amarillo.

De acuerdo a los descriptores morfológicos; cuantitativos, se puede notar que las mazorcas son de un largo de 11.9 cm en promedio con 21 semillas (Cuadro 1), notándose las forma

silvestre, elíptico y oblongo. Sin constricción basal, ápice agudo y en otros atenuado, frutos levemente rugosos a rugoso (Fig. 3). En relación a las características cuantitativas de la semilla se notan que los frutos contienen semillas de un peso seco de 0.8 g al igual puede deberse al tamaño de las semillas (Tabla 1). En relación a la forma de la semilla destacan en mayor número los tipos irregular, seguido de elíptico, oblongo, triangular y ovada. Una de las características principales de los cacaos silvestres es el color blanco de los cotiledones (Fig. 1e), el cual fue el caso en todas las muestras examinadas.

Cuadro 1. Descriptores cuantitativos de frutos y semillas de cacao.

Morfortipo	Mínimo	Máximo	□	S	CV
Mazorca (n=8)					
Peso (g)	103.6	302.5	168.1	62.2	37%
Largo (cm)	10.3	16.6	11.9	2.0	17%
Diámetro (cm)	5.8	7.5	6.3	0.5	8%
Espesor del caballete (mm)	0.7	1.8	1.0	0.4	39%
Profundidad del surco (mm)	0.3	0.7	0.5	0.1	29%
Número de semillas	4.0	28.0	21.3	7.9	37%
Peso total de las semillas (g)	5.3	80.6	45.7	21.2	46%
Semillas vanas	0.0	13.0	2.9	4.3	150%
Peso de la placenta (g)	0.0	3.1	1.6	0.8	53%
Semilla (n=34)					
Peso fresco (g)	0.8	3.4	1.7	0.7	43%
Peso seco (g)	0.4	1.1	0.8	0.2	29%
Diámetro (mm)	0.8	2.0	1.3	0.3	23%
Largo (mm)	1.4	3.1	2.1	0.4	17%
Grosor (mm)	0.6	1.3	0.9	0.2	18%



Figura 3. Características morfológicas del cacao presente en tres localidades de Nuevo Urecho, Michoacán, México.

De acuerdo a las observaciones de campo, las plantas de cacao silvestre o nativos proceden de antiguas plantas de cacao, que se encuentran adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona, por lo tanto, han mostrado una resiliencia a las condiciones a que han estado expuestas, las características de la planta, mazorcas y semillas coinciden con las descripciones de Sahagún, (1830), Bernal, (1952) y Alzate y Ramírez, (1768).

La información generada es importante para la conservación de germoplasmas silvestres de cacao, que pueden ser útiles para futuros trabajos de fitomejoramiento, con genotipos de calidad organoléptica.

Conclusiones

De acuerdo a la descripción morfológica de los frutos del cacao nativo y resiliente de la Región Purépecha del estado de Michoacán, se consideran plantas genuinas o silvestres de la zona, por lo que es, un morfotipo de importancia genética que debe ser rescatada y estudiada para determinar su potencial y características organolépticas.

Literatura Citada

Abad, A., C. Acuña y E. Naranjo. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión*, 7: 59-83. DOI: <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>

Aguilar-González, L. 2018. El cacao (*Theobroma cacao* L.) en Nayarit como propuesta de agroturismo. *Agroproductividad*. 11 (8).

Aliphath, M. M. (2008). Huertos y cacaotales Mayas: Un análisis agroecosistémico. In *Laporte JP, Arroyo B, Mejía H: XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*.

Alzate y Ramírez, J. A. De, (1768). *Diario literario de México. Memoria sobre el beneficio y cultivo de cacao. Biblioteca Mexicana en el Puente del Espíritu Santo y Librería del Arquillo, frontero al Real Palacio.* 192 p.

Avendaño A.C.H., Juan F.J.M., Campos R.E., Gallardo M.R. A., Mendoza L. A., Aguirre M.J. F., Sandoval E. A., Espinosa Z. S. 2011. *Diagnóstico del Cacao en México. Primera Edición en español. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur*

Avendaño, A. C. H., y Cueto, M. J. (2018). Lacandon: Nuevo clon de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) mexicano. *Agroproductividad*, 11(9): 169-171.

Avendaño-Arrazate C.H., Ogata-Aguilar N., Gallardo-Méndez R.A., MendozaLópez A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquívez A. 2010. *Cacao diversidad en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 86 p. Campo Experimental Rosario Izapa.*

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a pile of cocoa pods. The bottom image shows a herd of cattle grazing in a lush green field, similar to the second image.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a pile of cocoa pods. The bottom image shows a herd of cattle grazing in a lush green field, similar to the second image.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a cow standing in a grassy field with palm trees in the background. The third image is a duplicate of the top image, showing hands sorting cocoa pods. The bottom image is a duplicate of the second image, showing a cow in a field.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The third image is a duplicate of the top image, showing hands sorting cocoa pods. The bottom image is a duplicate of the second image, showing a herd of cattle grazing.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a cow standing in a grassy field with palm trees in the background. The third image is a duplicate of the top image, showing hands sorting cocoa pods. The bottom image is a duplicate of the second image, showing a cow in a field.

from the Ecuadorian Amazon highlights a hotspot of cocoa diversity. *Plants, People, Planet*, 4(6), 605–617. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10282>

Guerrero, J., Guerrero I., Muñoz, I. y Ortiz, Z. (2019). El “chilate” bebida tradicional de la cultura mixteca del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, México. *Foro de Estudios sobre Guerrero 2019*. 6 (1): 283-293

Ramírez, G., R., M. A. (2014). Caracterización morfológica y molecular de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L) en plantaciones de Tabasco, México. Tesis de Maestría.

Hernández, T., A. (2013). Chocolate: historia de un nahuatlismo. *Estudios de cultura náhuatl*, 46, 37-87.

INEGI, (2021). Aspectos geográficos Michoacán. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825215224.pdf

Lanaud, C., Loor, R. G., Zarrilo, S. y Valdez, F. (2012) Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en el Ecuador. *Nuestro Patrimonio* 12, 12–14.

Lieto, J., H. Perlstein P. y A. D. Jones. (2019). Cahequa del rey: evidencia arqueológica y lingüística del uso del cacao en el posclásico tardío de Tzintzuntzan, Michoacán, México. *arqueología iberoamericana* 41: 30-40. ISSN 1989-4104. <http://laiesken.net/arqueologia/>.

López-Hernández, J.G.; López-Hernández, L.E.; Avendaño-Arrazate, C.H.; Aguirre-Medina, J.F.; Espinosa-Zagaroza, S.; Moreno-Martínez, J.L.; Mendoza-López, A. y Suárez-Venero, G.M. 2018. Biología floral de cacao (*Theobroma cacao* L.); criollo, trinitario y forastero en México. *Agroproductividad*, 11 (9): 129-135.

(*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(2), 117-125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>

Ramírez-Guillermo, M.A. 2015. Variabilidad del cacao *Theobroma cacao* L. cultivado en Tabasco, México. In: XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria y IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. pp. 502-507.

Rojas, J. L. de (1990). Consideraciones sobre el tributo en Michoacán en el siglo XXI. *Relaciones, Estudios de Historia y Sociedad*, 11(44), 5-21.

Roskamp, H. (2001). Historia, mito y legitimación: el *Lienzo de Jicalán*. In: La tierra caliente (Cord. J. E. Zárate Hernández) pp. 119-151. Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán.

Sánchez D., G. (1992). Plantaciones de cacao y palma de coco en el Obispado de Michoacán, Siglos XVI y XVII. *Ciencia Nicolaita*. 1: 28-48.

Soleri, D., y Cleveland, D. A. 2007. Tejate: *Theobroma Cacao* and *T. bicolor* in a Traditional Beverage from Oaxaca, Mexico. *Food and Foodways*, 15(1-2), 107–118. doi:10.1080/07409710701260131

Terry, R. E., Brown, B. M., Stanton, T. W., Ardren, T., Anaya, T. C., Lowry, J., y Balzotti, C. S. (2022). Soil biomarkers of cacao tree cultivation in the sacred cacao groves of the northern Maya lowlands. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 41, 103331.

Washburn, D. K., William N. W. y Petia A. S. (2013). Cacao Consumption during the 8th Century at Alkali Ridge, Southeastern Utah”. *Journal of Archaeological Science* 40: 2007-13.

Whitkus, R., De la Cruz, M., Mota-Bravo, L., & Gómez-Pompa, A. 1998. Genetic diversity

and

relationships of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern Mexico. Theoretical and Applied Genetics, 96, 621-627.

Yáñez-Rosales, R. H. (2022). De la sementera a la mesa de la cofradía: el cacao y el chocolate en el Occidente novohispano. Estudios de Cultura Náhuatl. 63. 67-102.

Zarrillo, S., Nilesh Gaikwad, Claire Lanaud, Terry Powis, Christopher Viot, Isabelle Lesur, Olivier Fouet, Xavier Argout, Erwan Guichoux, Franck Salin, Rey Loo Solórzano, Olivier Bouchez, Hélène Vignes, Patrick Severts, Julio Hurtado, Alexandra Yépez, Louis Grivetti, Michael Blake y Francisco Valdez. (2018). The Use and Domestication of *Theobroma Cacao* during the mid-Holocene in the Upper Amazon. Nature Ecology & Evolution 2: 1879-1888. <https://go.nature.com/2Qj3vU2>

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del ácido giberélico (AG) en la germinación y desarrollo inicial de plántulas de cocotero Enano Amarillo Malayo. Para ello, se estableció un semillero con 160 nueces seleccionadas y se aplicaron tratamientos con AG a una dosis de 200 mg L⁻¹. Se evaluaron descriptores como el número de hojas emitidas, altura de la planta, diámetro del estípite, y longitud y número de raíces a los 90 y 120 días de germinación.

Los resultados indicaron que la aplicación de AG no influyó significativamente en el crecimiento de las plántulas en términos de altura y diámetro del estípite (base del cuello de hojas), aunque se observó una tendencia hacia un mayor número de hojas emitidas y un menor desarrollo radicular en plántulas

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) – Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI). Km. 1 Carretera Huimanguillo – Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. C.P. 86400.

²Investigador jubilado del INIFAP-CEHUI.

tratadas con AG. La longitud de las raíces fue menor en plántulas tratadas con AG, sugiriendo que las giberelinas podrían favorecer el crecimiento aéreo a expensas del desarrollo radicular. No se encontraron diferencias significativas en el número de raíces ni en la eficiencia de germinación entre los tratamientos.

Por lo que se concluye que las giberelinas pueden promover el crecimiento aéreo, es esencial considerar el balance entre el crecimiento del tallo y el desarrollo de las raíces para garantizar la estabilidad y productividad de las plantas a largo plazo.

Palabras clave: Propagación, Semillero, Fitohormonas.

Introducción

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) es una de las plantas más importantes en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, no solo por sus múltiples usos y productos derivados, sino también por su relevancia económica. Este cultivo es vital para millones de personas en todo el mundo, proporcionando alimento, bebida, materiales de construcción y productos comerciales como aceite de coco, fibra de coco y copra. Los tres países líderes en la producción global de cocotero son: Indonesia, Filipinas e India, que representan el 72 % de la producción internacional de cocotero. En estos países, la industria del cocotero es una fuente crucial de ingresos y empleo, sostenida por una amplia variedad de productos derivados del cultivo de cocotero (Bourdeix y Beyer, 2021).

En México, el cocotero también juega un papel fundamental en la economía agrícola, especialmente en los estados costeros como Guerrero, Colima, Michoacán, Oaxaca y Tabasco. El cocotero es un producto crucial tanto para el consumo interno como para la exportación, generando ingresos significativos y empleo para miles de familias en las zonas costeras rurales. La industria del cocotero en México abarca desde la producción de aceite de coco y agua de coco hasta la fabricación de productos derivados como fibra y carbón activado. Además, el cultivo de cocotero tiene un impacto socioeconómico importante en las comunidades rurales, donde se desarrolla la mayor parte de la actividad productiva (SIAP, 2021; SAGARPA, 2017).

La obtención de plántulas bien desarrolladas durante la etapa de germinación es esencial para asegurar la productividad y la salud de las plantas de cocotero. Una rápida germinación exitosa con crecimiento vigoroso de las plántulas determinaran el establecimiento adecuado del cultivo, con un impacto

directo en la productividad y la calidad de la cosecha futura. Por lo tanto, sería en esta etapa crítica donde las fitohormonas juegan un papel fundamental.

Las fitohormonas son compuestos orgánicos que, en pequeñas cantidades que regulan diversos procesos fisiológicos en las plantas, incluyendo la germinación, el crecimiento y el desarrollo (Alvarado-Ruffo, et al., 2018). Entre las fitohormonas más importantes se encuentran las giberelinas, estas fitohormonas promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las giberelinas son conocidas por su capacidad para estimular la elongación celular, la germinación de semillas y la emergencia de plántulas. Además, influyen en la diferenciación celular y el desarrollo de órganos específicos, como raíces y hojas, contribuyendo a la formación de plántulas robustas y saludables. Estudios previos han demostrado que la aplicación de giberelinas puede mejorar significativamente el crecimiento de diversas especies vegetales, aumentando su biomasa y mejorando la estructura de la planta (Sharma, et al., 2021).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del ácido giberélico (AG) en la germinación y desarrollo inicial de las plántulas de cocotero Enano Amarillo Malayo. Con ello, se busca determinar cómo la aplicación de GA influye en el desarrollo radicular, el número de hojas emitidas, la longitud de la plántula y el diámetro del estípite, así como su efecto en la eficiencia de la germinación. Lo cual, genera información valiosa que pueda ser utilizada para mejorar las prácticas en semilleros del cultivo y aumentar la productividad de cocotero en México y otras regiones. Al comprender mejor los efectos de las giberelinas en las plántulas de cocotero, se pueden desarrollar estrategias más efectivas para la gestión de este cultivo.

Materiales y métodos

Material Vegetal

El material vegetal utilizado en este estudio proviene de la huerta de cocotero Enano Amarillo Malayo de la finca "Los Pinos", donado por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP), en el municipio de Cunducán, Tabasco. Se seleccionaron 160 nueces de coco basándose en la cantidad de agua interna y el tamaño de las mismas, características necesarias para una buena germinación. Las nueces se eligieron en la etapa de madurez en la que la cáscara comienza a secarse, considerado el primer signo de madurez de la nuez. Este proceso de selección es crucial para asegurar la uniformidad y la calidad del material de siembra.

Establecimiento del semillero.

Tras la selección, las nueces fueron trasladadas al Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI) para el experimento se establecieron 8 camas de germinación de 1 metro de ancho por 5 metros de longitud. En cada cama de germinación, las nueces se colocaron con un espacio de 10 cm entre cada nuez. Las camas de germinación se prepararon con un sustrato compuesto de una mezcla de tierra y arena en una proporción 2:1, optimizando la aireación y el drenaje. Además se cubrieron las semillas con tierra hasta aproximadamente 2/3 de su tamaño para asegurar un contacto adecuado con el sustrato. El semillero se mantuvo bajo un régimen de riego diario durante los primeros tres meses para asegurar una humedad constante, y posteriormente se regó cada tercer día, exceptuando los días de lluvia. El control de malezas se realizó manualmente cada dos semanas, y se llevaron a cabo inspecciones regulares para identificar y controlar enfermedades y plagas.

Tratamientos

El tratamiento con ácido giberélico (AG) se aplicó mediante una bomba de aspersión a una dosis de 200 mg L⁻¹. Para mejorar la absorción y eficacia del AG, se utilizó un coadyuvante a una dosis de 1 mL L⁻¹. La aplicación se realizó 60 días después de la siembra, cubriendo las semillas con tierra hasta aproximadamente 2/3 de su tamaño para asegurar un contacto adecuado con el sustrato y evitar la volatilización del AG. Se implementaron dos tratamientos diferentes basados en la aplicación de AG y se compararon con cuatro tratamientos sin la aplicación de AG.

Evaluación de los descriptores

Para evaluar el crecimiento y desarrollo de las plántulas, se midieron varios descriptores en diferentes intervalos de tiempo. El número de hojas emitidas, la altura de la planta y el diámetro del estípite se registraron a los 90 y 120 días después de la germinación. Para medir estos parámetros, se utilizó una regla milimétrica y un calibrador digital. El número y la longitud de las raíces se evaluaron al finalizar el experimento, a los 120 días. Para estas mediciones, las plántulas se desenterraron cuidadosamente, se lavaron las raíces antes de medir la longitud, con una cinta métrica.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo en un diseño completo al azar (DCA) con el fin de comparar dos concentraciones de ácido giberélico ACTIVE 10 PS® al 10% de AG3 (Tratamientos: T1=0 y T2=200 mg L⁻¹), con 4 repeticiones. La unidad experimental

correspondió a 20 semillas/plántulas por repetición. La aplicación se realizó a las semillas a los 90 y 120 días después de la siembra. Los datos recolectados se analizaron utilizando análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia de los tratamientos. Las diferencias significativas entre los tratamientos se identificaron utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El software estadístico utilizado para el análisis fue el STATGRAPHICS Centurión XVI versión 25.

Resultados y discusión

Los resultados del estudio mostraron que la aplicación de ácido giberélico (AG) no influye en varios aspectos del crecimiento de las plántulas de cocotero Enano Amarillo Malayo a los 120 días después de establecido el semillero (Tabla 1). En primer lugar, el tratamiento con AG presentó un mayor promedio de número de hojas emitidas y en el diámetro del estípite en comparación con los tratamientos sin AG (**Gráfico 1 y 2**). Aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas a lo largo de los períodos evaluados (90 y 120 días), sugieren una tendencia hacia un crecimiento más robusto con la aplicación de AG. Este hallazgo coincide con estudios previos que indican que las giberelinas promueven la expansión y el crecimiento celular en diferentes especies de plantas (Sharma, et al., 2021).

Tabla 6.- Efecto de las concentraciones de ácido giberélico sobre los tres descriptores en semillero de cocotero Enano Amarillo Malayo, a los 90 y 120 días de establecido el semillero.

Tratamiento	Número de hojas		Altura de las plantas (cm)		Estípite (cm)	
	90 días	120 días	90 días	120 días	90 días	120 días
Con Ácido Giberélico (200 mg L ⁻¹)	2.3 ± 0.42 ^a	4.17 ± 0.29 ^a	20.15 ± 5.14 ^a	48.27 ± 4.54 ^a	0.34 ± 0.06 ^a	2.28 ± 0.06 ^a
Sin Ácido Giberélico (0 mg L ⁻¹)	2.15 ± 0.51 ^a	4.13 ± 0.51 ^a	19.97 ± 4.91 ^a	46.12 ± 8.02 ^a	0.28 ± 0.03 ^a	2.25 ± 0.21 ^a

^a Medias seguidas de la misma letra, minúsculas para columna, no presentan diferencias estadística significativa, según la prueba de Tukey al 5%.

No. Hojas Emitidas Cocotero

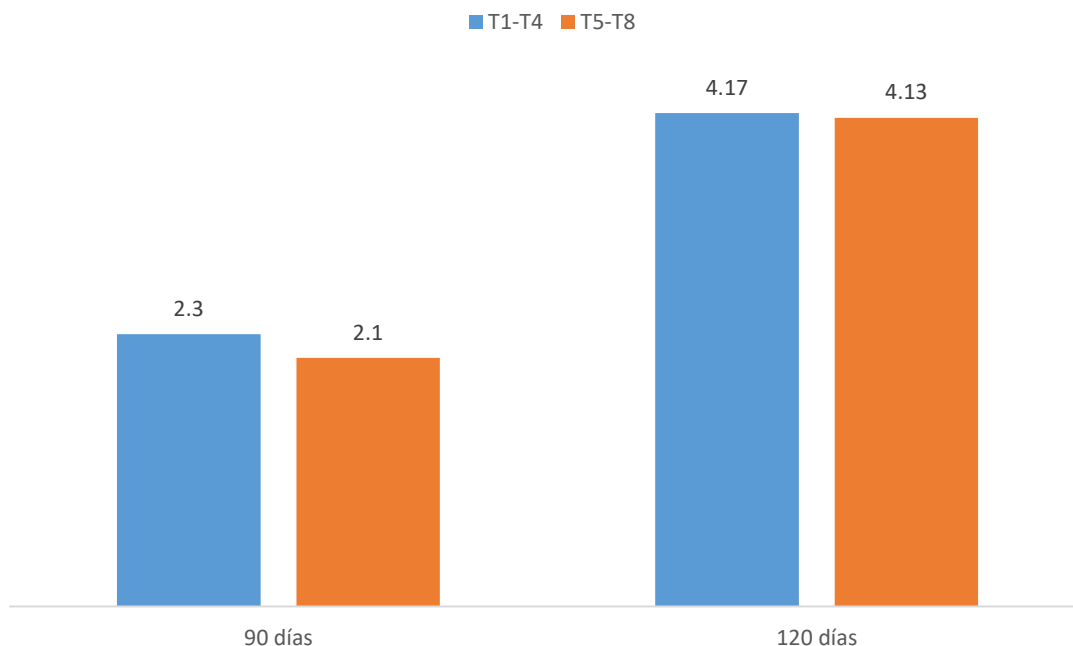


Gráfico 1. No. Hojas Emitidas Cocotero. Las barras color azul muestran el valor promedio de los tratamientos donde aplicó AG y las barras anaranjadas los tratamientos testigos.

En cuanto a la altura promedio de la plántula, no se observó diferencia significativa entre los tratamientos a los 90 y 120 días (Tabla 1,. Las plántulas tratadas con AG no presentaron un crecimiento más vigoroso que el tratamiento sin AG. Lo encontrado en este estudio no coincide con lo reportado, ya que se menciona que las giberelinas tiene un efecto en la elongación celular y el crecimiento vertical. Por lo tanto, este resultado a los 90 y 120 días de establecida la cama de germinación no es coherente con la literatura existente, que destaca el papel de las giberelinas en la promoción del alargamiento del tallo y el crecimiento general de las plantas (Beveridge, 2022; Sharma, et al., 2021).

Altura (cm) Plántulas Cocotero

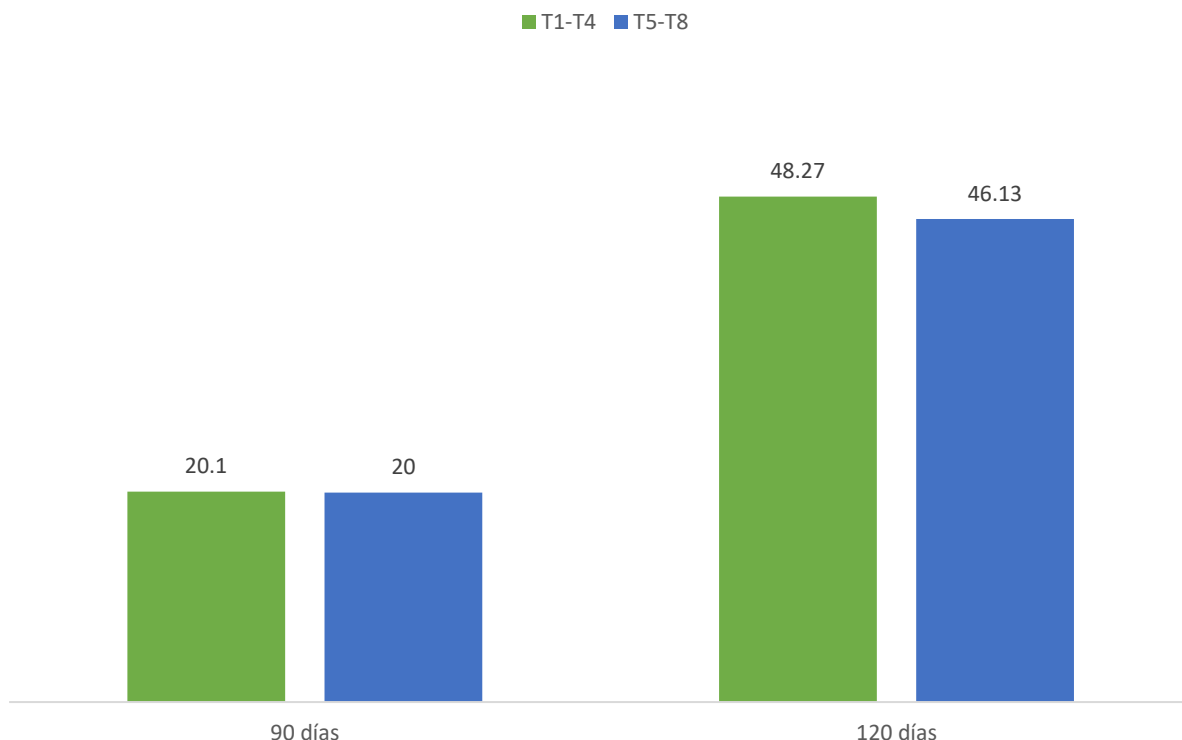


Gráfico 2. Altura (cm) Plántulas Cocotero. Las barras color verde muestran el valor promedio de los tratamientos donde aplicó GA y las barras azules los tratamientos testigos.

Efecto del Ácido giberélico en sistema radical de cocotero EAM.

Sin embargo, un hallazgo inesperado fue la menor longitud de las raíces en los tratamientos con AG en comparación con los tratamientos sin AG (Tabla 2). Las plántulas tratadas con AG presentaron una longitud promedio de raíces de 17.97 cm, mientras que las no tratadas tuvieron una longitud promedio de 20.61 cm (**Figura 1, Gráfico 3**). Sin embargo, estadísticamente no hay diferencias significativas. Tal vez, esta diferencia podría observarse significativamente si se continua con la evaluación hasta los 150 días des pues de la siembra en las camas germinativas. Debido a que las giberelinas favorecen el crecimiento aéreo a expensas del desarrollo radicular, lo que sugiere que las plántulas sin AG dedicaron más recursos al desarrollo de un sistema radicular más extenso para compensar la menor disponibilidad de hormonas de crecimiento. Este fenómeno ha sido reportado en otros estudios, donde se observa que la aplicación de AG puede desbalancear el crecimiento de la

planta hacia una mayor elongación del tallo, pero con una menor inversión en el desarrollo radicular (Beveridge, 2022).

Tabla 7. Efecto de las concentraciones de ácido giberélico sobre el sistema radical en semillero de cocotero Enano Amarillo Malayo, a los 120 días de establecido el semillero

Tratamiento	Longitud de raíces a los 120 días	Número de raíces a los 120 días
Con Ácido Giberélico (200 mg L ⁻¹)	17.97 ± 2.31 ^a	3.72 ± 1.23 ^a
Sin Ácido Giberélico (0 mg L ⁻¹)	20.6 ± 1.69 ^a	3.52 ± 0.92 ^a

^a Medias seguidas de la misma letra, minúsculas para columna, no presentan diferencias estadística significativa, según la prueba de Tukey al 5%.

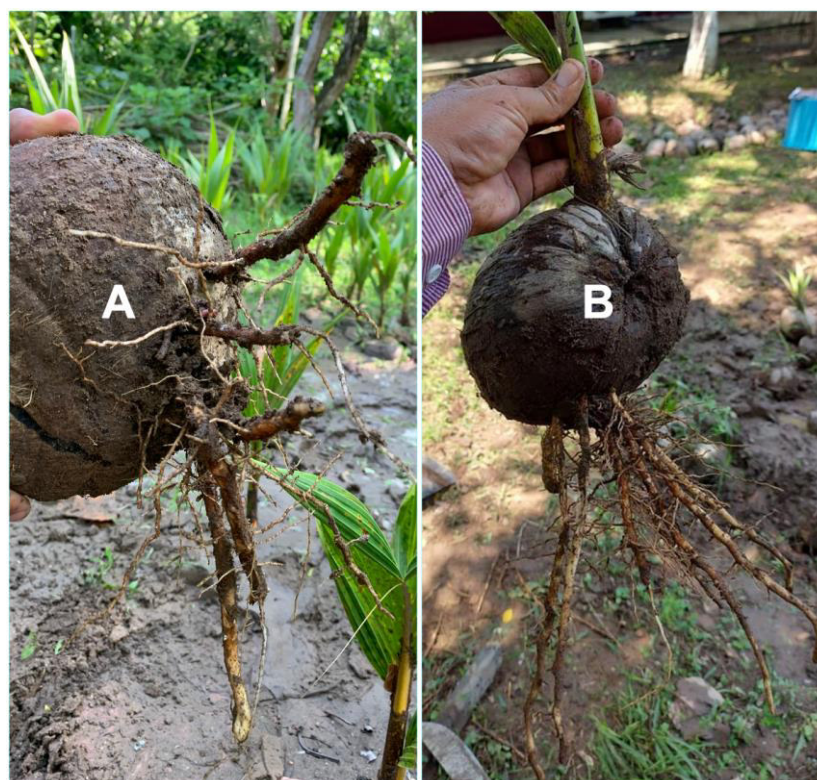


Figura 1. Raíces de cocotero EAM. A) Raíces sin aplicación de AG y B) Raíces con aplicación de AG.

Desarrollo Radicular en Cocotero

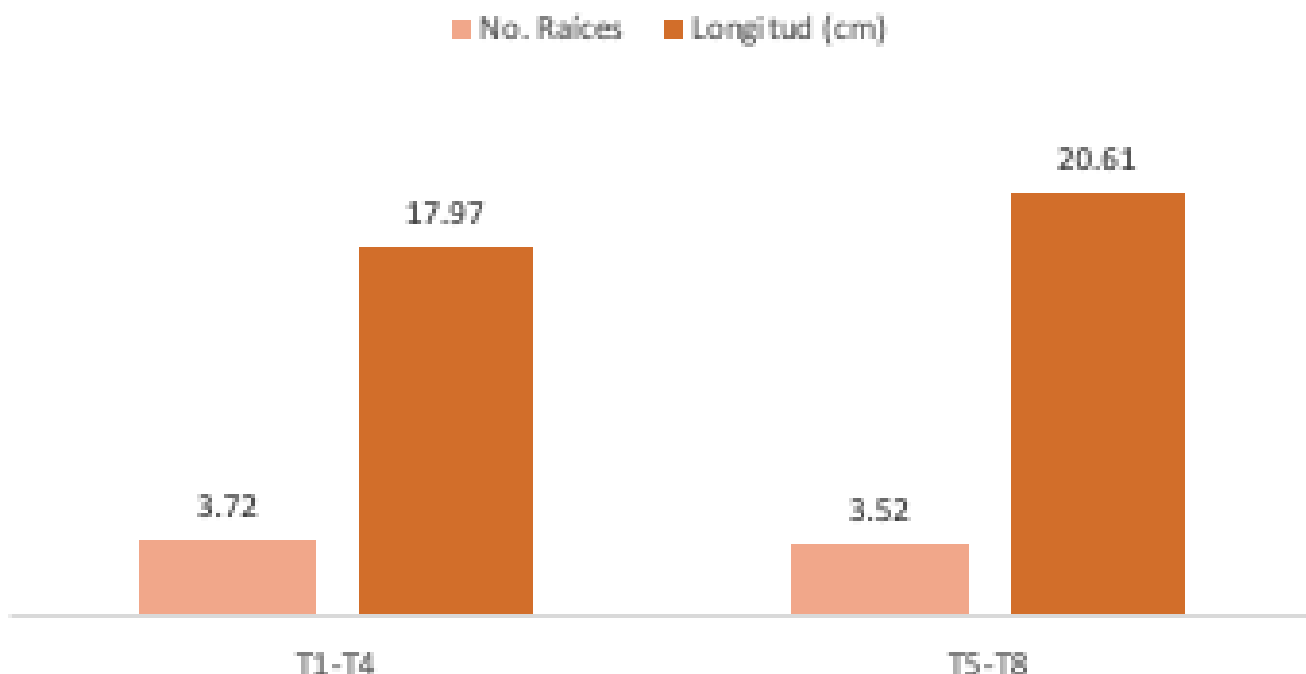


Gráfico 3. Desarrollo radicular de cocotero Enano Amarillo Malayo en semillero a los 120 días de establecido.

El número de raíces no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un promedio de 3.72 raíces para las plántulas tratadas con AG y 3.52 para las no tratadas a los 120 días. Este resultado indica que la aplicación de AG no afecta significativamente el número de raíces, lo cual es relevante para asegurar un sistema radicular adecuado que soporte el crecimiento y la estabilidad de las plántulas. La capacidad de las plantas para desarrollar un número suficiente de raíces es crucial para la absorción de nutrientes y agua, lo cual es fundamental para el crecimiento sostenido y la productividad de la planta a largo plazo (Lédo, et al., 2021).

Además, es importante destacar que la eficiencia de la germinación se mantuvo alta en ambos grupos de tratamiento, lo que sugiere que la aplicación de AG no afecta negativamente el proceso de germinación en sí, sino que probablemente puede influir principalmente en las características de crecimiento post-germinativo. Este hallazgo es contrastante con investigaciones que han demostrado

que las giberelinas tienen un efecto positivo en la germinación de semillas al romper la dormancia y promover la elongación del brote (Beveridge, 2022).

La aplicación de AG en plántulas de cocotero Enano Amarillo Malayo no mostraron diferencias significativas en términos de altura y diámetro del estípita, aunque con un desarrollo radicular relativamente menor. Estos resultados sugieren que, si bien las giberelinas pueden ser útiles para promover el crecimiento aéreo, es necesario considerar el balance entre el crecimiento del tallo y el desarrollo de las raíces para asegurar la estabilidad de las plantas a largo plazo.

Conclusiones

- La aplicación de ácido giberélico (AG) en plántulas de cocotero Enano Amarillo Malayo mostró una tendencia a incrementar el número de hojas y el diámetro del estípita, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.
- Un hallazgo inesperado fue la menor longitud de las raíces en plántulas tratadas con AG en comparación con las no tratadas. Esto sugiere que el AG favorece el crecimiento aéreo a expensas del desarrollo radicular, un aspecto crucial que debe ser considerado para asegurar la estabilidad de las plantas.
- Los resultados sugieren que, aunque las giberelinas pueden ser útiles para promover el crecimiento aéreo, es esencial balancear este crecimiento con el desarrollo radicular para garantizar la estabilidad y productividad de las plantas a largo plazo.
- La aplicación de AG no afectó negativamente la eficiencia de germinación, manteniéndose alta en ambos grupos de tratamiento. Esto indica que el AG no perjudica el proceso de germinación en sí, sino que influye principalmente en las características de crecimiento post-germinativo.

Agradecimientos

Agradecimiento a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP), del Estado de Tabasco, por proveer el material vegetal evaluado en este trabajo.

Literatura citada

Alvarado-Ruffo, K., Blanco-Imbert, A., Noval-Pons, B. M., & Martín-Alonso, G. M. (2018). Propagación en vivero de Cocos nucifera L. Caso de estudio: Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 92-101.

Beveridge, F. C., Kalaipandian, S., Yang, C., & Adkins, S. W. (2022). Fruit Biology of Coconut (*Cocos nucifera* L.). *Plants*, 11(23), 3293.

Bourdeix, R., & Beyer, R. (2021). F. Risks linked to post-harvest and processing. Coconut Risk Management and Mitigation Manual for the Pacific Region, 116.

Lédo, A. D. S., Passos, E. E. M., Fontes, H. R., Ferreira, J. M. S., Talamini, V., & Vendrame, W. A. (2019). Advances in Coconut palm propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41.

SAGARPA (2017). Planeación Agrícola nacional 2017-1030. Palma de coco mexicana. p.6

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2021. Cierre de la producción agrícola 2021. <http://www.siap.gob.mx/>

Sharma, A., Devkota, D., Thapa, M., & Bista, B. (2021). Improving germination and stand establishment of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) seed through media selection and hormonal use in Dolakha. Nepal. *Trop. Agrobiodiversity*, 2, 16-21.

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO EN DOS ESPECIES DE ÁRBOLES DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO EN TABASCO

Carolina Hernández Hernández¹, Eder Ramos Hernández¹, Jesús Ricardo Sánchez
Rodríguez², Gabriela Álvarez Álvarez²

Resumen

Los bosques y sistemas agroforestales en la actualidad tienen especial importancia ya que son catalogados desde el punto de vista de su capacidad para capturar el bióxido de carbono atmosférico y convertirlo en biomasa y carbono que almacenan de forma temporal por largos periodos, permitiendo con ello mitigar la problemática del cambio climático global. En el presente estudio se realizó la determinación de la biomasa aérea en el sistema agroforestal cacao que comprende, en este caso particular dos especies que son cacao (*Theobroma cacao* L.) y cocoite (*Gliricidia sepium* L.) mediante una metodología destructiva. También se realizó la estimación de los almacenes de carbono en ambas especies. Los resultados obtenidos mostraron que la cantidad de biomasa fresca promedio fue de 2.8 kg en cocoite, presentándose la mayor cantidad en el tallo con 1.8 kg. El peso seco promedio en la misma especie fue de 1.15 kg. Las mayores reservas de carbono en los arboles de cocoite se encontró en las ramas y el peciolo. En el caso de cacao la cantidad promedio de biomasa fresca fue de 1.6 kg. La mayor cantidad de biomasa se localizó en el tallo con 1 kg, mostrando una alta variabilidad entre el tallo y la hoja. La cantidad de biomasa seca promedio fue de 1 kg. La mayor reserva de carbono en los árboles de cacao se encuentra en el tallo y hojas con 54.46 % del COT en ambos órganos.

Palabras clave: cambio climático, sistema agroforestal, carbono, cacao.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Federal Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco. C.P 86400. ² Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta. División de Ingeniería Ambiental. Ciudad La Venta, Huimanguillo, Tabasco. hernandez.carolina@inifap.gob.mx

Introducción

Conforme aumenta el deterioro ambiental, como producto del incremento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, también crece la preocupación en grandes sectores de la población por encontrar herramientas que sean capaces de revertir estas tendencias negativas, tomando en cuenta los problemas sociales y económicos específicos de cada sociedad (Vargas, Amescua, & Yáñez Sandoval, 2004).

Los bosques y los sistemas agroforestales suministran bienes y servicios ambientales valiosos para la humanidad, desde el punto de vista económico y ecológico, los cuales deben ser manejados de forma sostenible para beneficio de las generaciones futuras (FAO, 2018).

La cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de C, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Sanquetta et al. 2008).

El secuestro de carbono por plantaciones forestales ha sido propuesto como una medida positiva en el balance de los niveles atmosféricos de CO₂. A partir del Protocolo de Kioto, se establecieron compromisos vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los países industrializados, empleando ciertos mecanismos a través de los cuales se podrían incentivar las plantaciones agroforestales y forestales en busca de captura de carbono como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Schlesinger Andrews, 2000).

Los cacaotales, además de ofrecer ventajas comparativas en relación con otros usos del suelo, constituyen uno de los más importantes sistemas productivos, ya que se cultiva, en asociación con otras especies vegetales, sobre todo, café, plátano, frutales y maderables, los cuales al mismo tiempo producen sombra y permiten al agricultor tener otras alternativas de ingresos (Martínez et al., 2005). Estos sistemas también pueden contribuir en la conservación de biodiversidad y, últimamente, por su función como sumideros de carbono (Beer et al., 2003).

La deforestación y la degradación de los bosques tropicales representan entre el 15-35 % de las

emisiones de carbono que se consideran causantes del cambio climático (Houghton, 2005). Actualmente, y dentro del marco de las negociaciones internacionales de cambio climático, se plantean nuevas opciones para contribuir a la reducción de emisiones por deforestación y degradación en países en desarrollo (denominadas REDD), que a la vez pueden generar importantes beneficios para la conservación de las plantaciones en desarrollo (Ortega et al., 2010).

Los estudios más recientes se han centrado en las repercusiones de esos procesos en el cambio climático global y los resultados expuestos sugieren, aunque a veces en forma contrapuesta que, en el caso de México, si se reducen las tasas de deforestación y degradación forestal a la mitad de las reportadas por Batet y Rovira (2002) en los próximos 10 años se podría evitar la emisión de 117 millones de toneladas de carbono a la atmósfera por no cambiar el uso del suelo en las áreas forestales (CABAL, 2010).

De acuerdo con Algensen et al., (2009), la estimación del carbono es relevante porque permite el desarrollo de programas de pago por servicios ambientales, que a su vez contribuyen a la conservación de los bosques húmedos tropicales y al desarrollo sostenible de las comunidades rurales.

La superficie plantada con el sistema agroforestal cacao en México de acuerdo con la FAOSTAT (2024), es de 52000 has distribuidas principalmente en los estados de Tabasco y Chiapas. Los productores de cacao en el Estado de Tabasco, cuentan en promedio con una superficie de 5 ha en el que se suelen encontrar cultivos como plátano, naranja como parte de la sombra y adicionalmente estos productores cultivan en sus parcelas básicos como el maíz y frijol (Hernández-Hernández et al., 2021).

En México, los estudios relacionados con la cuantificación de carbono en plantaciones agroforestales y en específico de cacao son escasos, por lo que el presente estudio se enfoca a estimar la producción de biomasa y la acumulación de carbono de dos especies de árboles asociados al banco de germoplasma de cacao del INIFAP.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el INIFAP Campo Experimental Huimanguillo, en las siguientes coordenadas: 17° 51' 04.52" latitud norte 93° 23' 46.96" longitud oeste, a una elevación de 20 metros. En esta zona se cuenta con clima cálido húmedo, con temperatura anual de 25 °C y con una precipitación de 2 200 mm. Los suelos están clasificados como: gleysoles, acrisoles y los fluvisoles.

Determinación de la biomasa aérea en árboles de cocoite y cacao.

Para la determinación de la biomasa aérea de cada especie en estudio se utilizó una metodología destructiva. Para ello se seleccionaron cinco árboles de *T. cacao* y cinco árboles de *G. sepium*, sin deformaciones ni enfermedades. Antes de ser cortado cada árbol, se le midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa y la altura total de cada árbol. Después del corte, los árboles se cortaron en secciones: tallo principal, rama secundaria, hojas y peciolo. Ésta tarea se realizó en campo de manera inmediata al corte de cada árbol, con la finalidad de minimizar la pérdida de humedad. Para obtener el peso fresco de cada sección se utilizó una balanza con capacidad de carga de 500 kg y una báscula, marca (OHAUS) de 2 kg. El peso total de cada sección fue registrado. Para obtener el peso de las hojas, éstas se depositaron en una bolsa plástica, lo que facilitó su pesado, lo mismo se realizó con el peciolo.

Para obtener el peso seco de cada sección, se tomaron cinco muestras representativas de cada sección con un peso de 50 g de hoja, 100 g de peciolo, 2 kg a 3 kg de tallo principal y 1 kg de rama. Las muestras de cada sección se colocaron en bolsas de papel debidamente identificada, posteriormente, se trasladaron al laboratorio de planta, suelo y agua, para el secado en estufa de aire forzado a 65°C por un mínimo de 72 horas, hasta obtenerse un peso seco constante

La obtención de la biomasa seca por sección, se obtuvo con la siguiente formula: de la relación peso seco/peso fresco, en donde una vez alcanzado el peso seco de cada componente se obtiene un porcentaje que representa esta relación y se multiplica por

el peso fresco total de cada componente; después se suman los pesos de cada componente del árbol para así obtener la biomasa total por árbol y por especie.

$$\%B_{SC} = \frac{P_{fc} - P_{sc}}{P_{fc}} * 100$$

B_{SC}: Biomasa seca de componente

P_{SC}: Peso seco de componente

P_{fc}: Peso fresco de componente

$$B_t = \sum B_n$$

B_t: Biomasa total

B_n: Biomasa de 'n' componentes

Estimación de los almacenes de carbono en árboles de cocoite y cacao.

Para determinar el contenido de carbono orgánico en la biomasa aérea de *T. cacao* y *G. sepium*, se determinó la materia orgánica (MO) de la biomasa seca con el método de ignición a una temperatura promedio de 550 °C durante 3 horas (Nelson et al., 1996). La determinación de la MO de cada especie en este estudio se realizó de cada sección por árbol muestreado. De la biomasa seca de cada sección por árbol se tomaron 10 g, la cual, se pulverizó con un molino para muestras vegetales (Marca: Thomas Wiley Laboratory Mil Model 4). Posteriormente, se colocaron en crisoles para realizar la ignición en mufla (Marca NE YO). Los cálculos del contenido de MO de cada muestra, se utilizó la formula (Jiménez y García, 1992):

$$\%MO = \frac{PMS - PMI}{PMS} \times 100$$

Donde:

% MO = Porcentaje de materia orgánica de la muestra incinerada.

PMS = Peso de muestra seca.

PMI = Peso de muestra incinerada.

Con el porcentaje de MO se obtuvo el contenido de carbono orgánico total (COT), con el factor de transformación de Van Bemmelen modificado por Jiménez y García (1992), el cual, parte del supuesto de que la MO contiene 58 % de carbono. El contenido de COT se expresa como:

$$\%COT = \frac{\%MO}{1.84}$$

Donde:

% COT = Porcentaje de carbono orgánico de la muestra incinerada.

% MO = Porcentaje de materia orgánica de la muestra incinerada.

1.84 = Factor Van Bemmelen corregido.

Resultados y Discusión

Biomasa aérea y carbono orgánico (CO) en árboles de cocoíte de cocoíte.

En la Figura 1, se muestran los promedios de peso fresco de cada una de las cuatro secciones en árboles de cocoíte. Con los datos obtenidos se puede observar que la cantidad promedio de biomasa fresca es de 2820.36 ± 79.45 g en cocoíte (n=5). La mayor cantidad está en el tallo (1840 ± 72.71 g, n=5), seguida de las ramas (800 ± 33.86 g, n=5), peciolo (130.36 ± 3.92 g, n=5) y hoja (50 ± 0 g, n=5). Existe una gran variabilidad en la distribución de la biomasa fresca de los árboles de cocoíte, debido a que el tallo representa el 65% de biomasa fresca del árbol y las hojas solo el 1.7%.

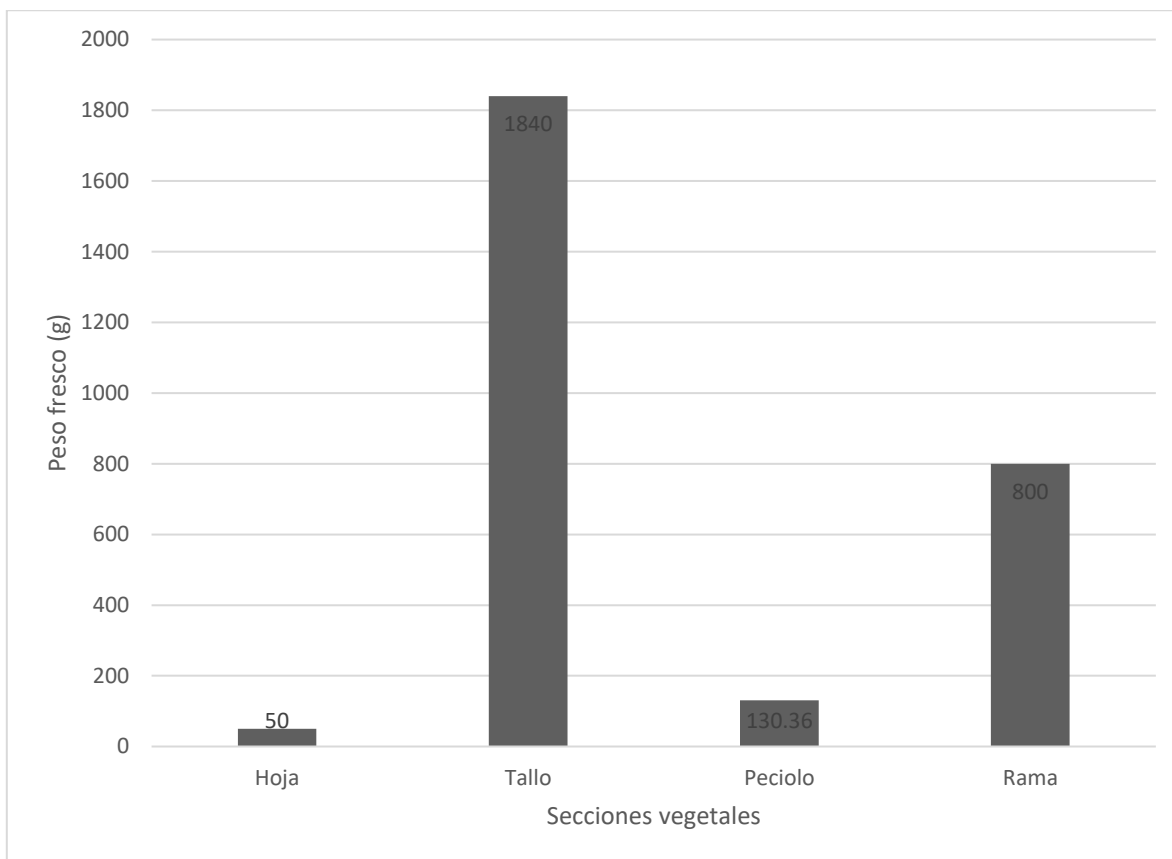


Figura 1.- Peso fresco promedio de árboles de cocoite (n=5).

La cantidad de biomasa seca promedio de los cinco árboles de cocoite se muestran en la Figura 2. El porcentaje del peso seco del árbol en general fue de 1155.31 ± 34.19 g. En el tallo de peso seco se obtuvo 603.34 ± 18.24 g, en las ramas 413.95 ± 5.42 g en peciolo 108.48 ± 3.02 g en las hojas 29.55 ± 4.69 g.

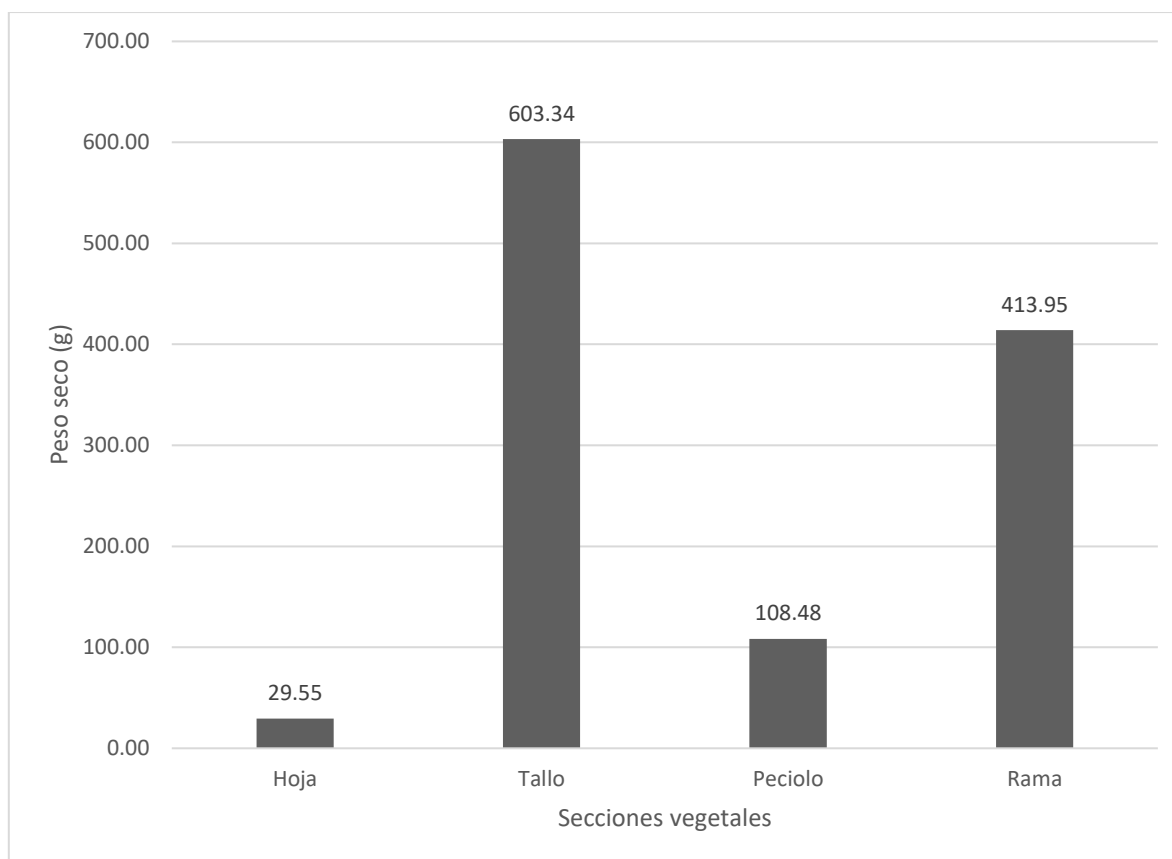


Figura 2.- Biomasa seca (g) promedio de árboles de cocoite (n=5) del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco.

Las ecuaciones utilizadas en el presente estudio son confiables, tienen una alta precisión y son prácticas ya que los elementos que se deben incorporar son variables fáciles de medir en campo. Así, las cantidades promedio de C en la biomasa aérea de los árboles de cocoite (n=5) se muestran en la Figura 3. Se observa que las mayores reservas de C en los árboles de cocoite se encuentra en las ramas y peciolo, ambas partes vegetales tienen igual porcentaje (52.84 %COT). Seguido, de las hojas con el 52.38%COT y el tallo con menos 52.17%COT. Brown y Lugo (1982), mencionan que la cuantificación de C almacenado o una especie forestal específica, se realiza a través de la estimación de biomasa, conociendo como tal a la cantidad total de materia orgánica de la parte aérea de las plantas, expresada como gramos en peso seco por unidad de área. La variación de las concentraciones de C en las partes vegetales de

cocoite son cercanas al 50% del contenido de C asumido por el IPCC (2006) que así lo considera válido. Por ello, estos resultados que se muestran en el presente trabajo pueden ser de importancia, ya que se reporta la variación de la concentración de C en cuatro secciones de los árboles de cocoite. Así, si se considera el 50% que el IPCC valida, se tienen sobreestimaciones de 4.46, 3.13 y 2.4 % para tallo y hoja, peciolo y ramas, respectivamente.

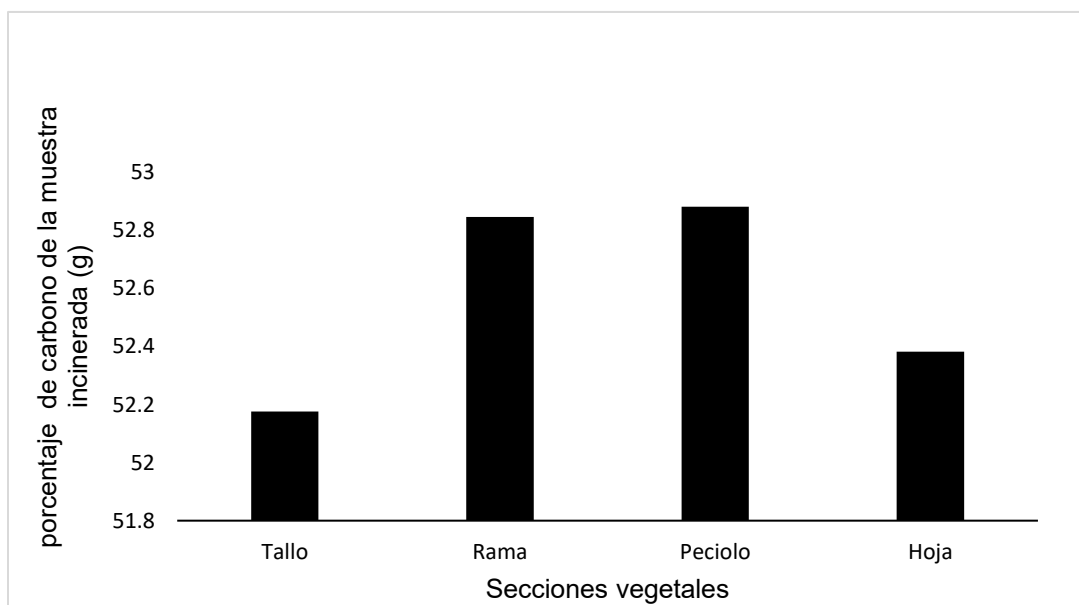


Figura 3.- Porcentaje de Carbono Orgánico Total en la biomasa aérea de árboles de cocoite del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco.

Biomasa aérea y C en cacao.

Se muestran resultados preliminares de peso fresco, peso seco y % COT promedio de cinco árboles cacao. En este sentido, cada especie de árbol se seccionó en cuatro partes de secciones vegetales: tallo, rama, peciolo y hoja

En la Figura 4, se muestran los promedios de peso fresco de cada una de las cuatro secciones en árboles de cacao.

Con los datos obtenidos se puede observar que la cantidad promedio de biomasa fresca fue de 1648.6 ± 6.8 g en cacao ($n=5$). La mayor cantidad está en el tallo (1000 ± 0 g, $n=5$), seguida de las ramas (500 ± 0 g, $n=5$), peciolo (88.6 ± 6.8 g, $n=5$) y hoja (60 ± 0 g, $n=5$). Existe

una gran variabilidad en la distribución de la biomasa fresca de los árboles de cacao, debido a que el tallo representa el 60.6% de biomasa fresca del árbol y las hojas solo el 3.6%.

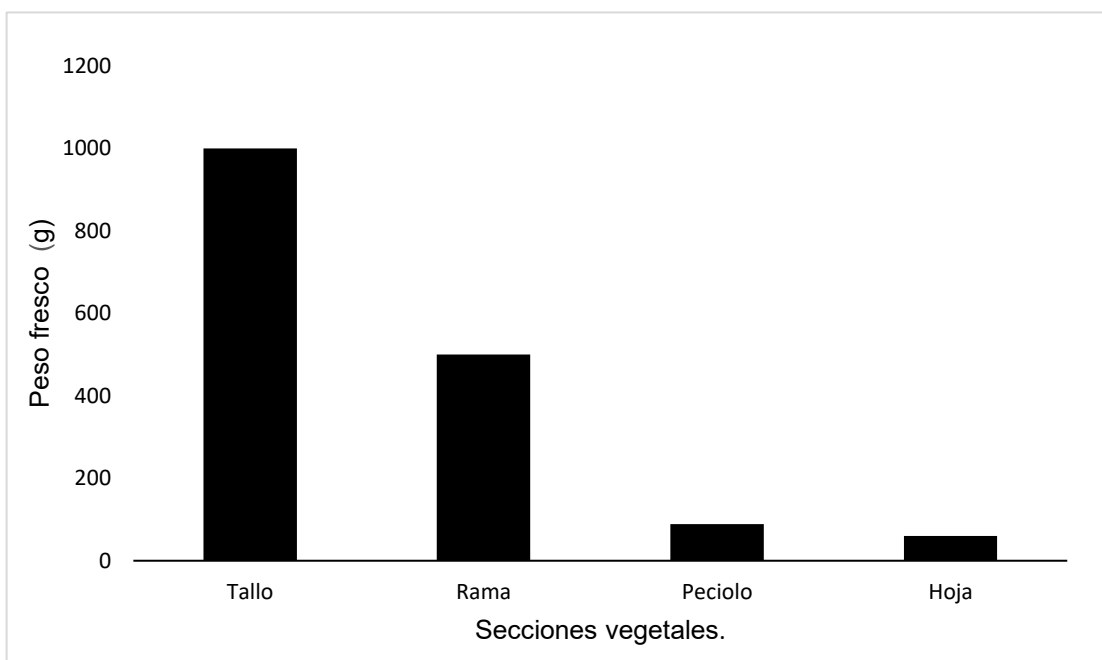


Figura 4.- Peso fresco promedio de árboles de cacao (n=5) del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco.

La cantidad de biomasa seca promedio de los cinco árboles de cacao se muestran en la Figura 5. El peso seco promedio del árbol en general fue de 1048.4 ± 91.15 g. En el tallo de peso seco se obtuvo 513.40 ± 24.30 g, en las ramas 428.25 ± 8.95 g en peciolo 62.5 ± 5.33 g en las hojas 44.29 ± 4.41 g, por eso es válido utilizar 50% de la biomasa para calcular la cantidad de carbono en cada especie.

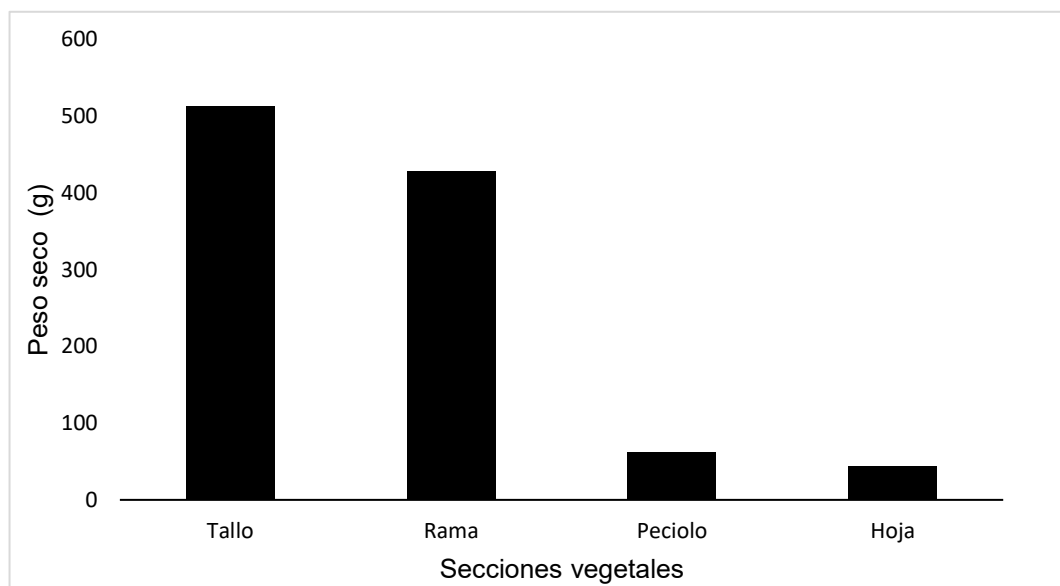


Figura 5.- Biomasa seca (g) promedio de árboles de cacao (n=5) del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco.

Las cantidades promedio de C presentes de en la biomasa aérea de los árboles de cacao (n=5) se muestran en la Figura 6. Se observa que la mayor reserva de C en los árboles de cacao se encuentra en el tallo y hojas, ambas partes vegetales tienen igual porcentaje (54.46 %COT). Seguido, de los peciolos con el 53.12 %COT y las ramas con menos 52.49 %COT., estos resultados concuerdan con estudios realizados en el sistema agroforestal café en el Estado de Veracruz donde se demostró que la mayor concentración de carbono orgánico total se localizó en la biomasa arbórea (Váldez-Velarde et al., 2017). En el sistema agroforestal cacao en plantaciones de Guatemala y Colombia se reportó una cantidad almacenada de 127.6 y 85.9 mg C/ha respectivamente (Andrade et al., 2008). En el caso de México, Salvador-Morales et al. (2019) reporta entre 6.9 y 9.7 mgC/ha almacenados por la especie de cacao.

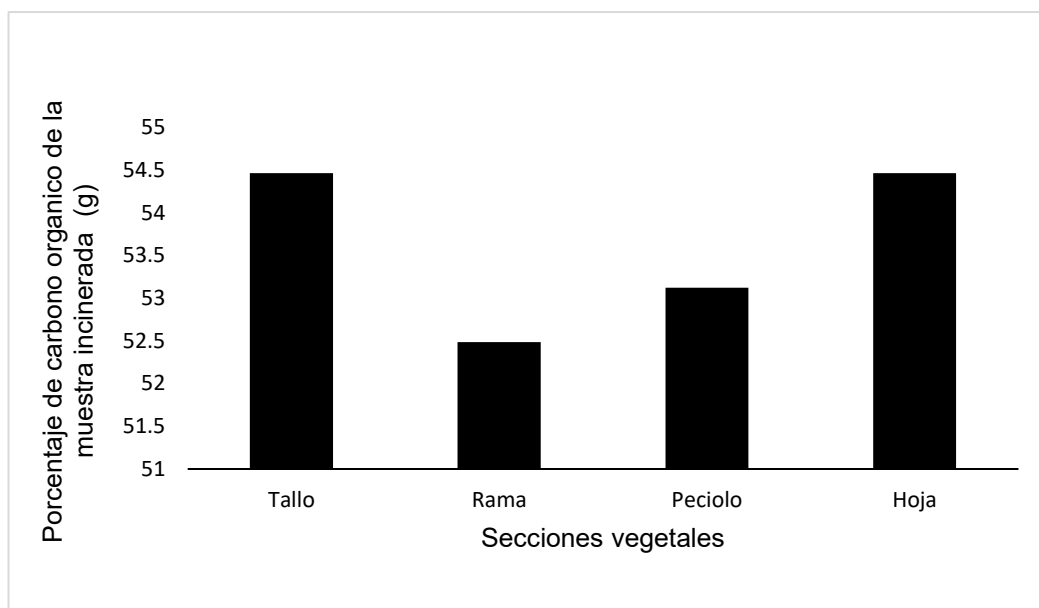


Figura 6.- Porcentaje de Carbono Orgánico Total en la biomasa aérea de árboles de cacao del Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, Tabasco.

Para determinar el C secuestrado en los ecosistemas, hay que tener en cuenta el C estable incorporado al suelo. Si la acumulación de C en el suelo es un proceso más lento que la acumulación de la biomasa, la estabilidad del C en el suelo es mayor. Por lo tanto, la capacidad del suelo para almacenar C es importante debido al material vegetal acumulado en descomposición, pasando a denominarse C del humus.

Conclusiones

El componente arbóreo de los sistemas agroforestales de cacao es un reservorio importante de carbono, ya que se estimó un promedio de carbono almacenado ubicando dentro del rango reportado en la literatura por diferentes estudios, para diferentes sistemas agroforestales y diferentes tipos de clima, convirtiendo a la zona como sumidero y proveedor importante para el servicio ambiental de captura de carbono.

Literatura Citada

Algensen, A., Brown, S., Lansel, C., Pesebel, L., Streck, C. H., & Zarin, D. (2009). Reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD): Reporte de evaluación de opciones. Meridian Institute. Washington, D.C., USA. http://www.redd-oar.org/links/REDD_OAR_es.pdf

Andrade, H., Segura, M., Somarriba, E., & Villalobos, M. (2008). Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras en fincas indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*. 46, 45-50.

Batet, S., Rovira, S. (2002). Cambio Climático. Departamento de Sostenibilidad del Centro UNESCO de Catalunya. [En línea]: One world, (<http://es.oneworld.net/article/archive/5728/>; 15 Ene. 2007).

Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J.; Somarriba, E.; Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10 (37-38), 80-87 pp.

Brown, S., y S. A.E. Lugo. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbón cycle. *Biotropica*. 14 (3):161-187.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). El estado de los bosques del Mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NCSA 3.0 IGO. <http://www.fao.org/3/i9535es/i9535es.pdf>

FAOSTAT 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consultada el 15 de mayo de 2024.

Hernández-Hernández C., Ramírez G.M.A., Barron F.S. 2021. Diagnosis of the family production units of the cacao agro-food chain in two municipalities of La Región de la Sierra, in Tabasco, México. *Modern Environmental Science and Engineering* 7(6): 629-631.

Houghton, Richard. 2005. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. *Tropical Deforestation and Climate Change*. 13-21.

Martínez, C, Espinal G, Ortiz Hermida, L. 2005. La cadena del cacao en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá DC).

Nelson D.W., L.E. Sommers. 1996. Total carbón, organic carbón, and organic matter in: Methods of soil analysis: Part 3 Chemical Methods. Book Editor(s):D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, M. E. Sumner. Chapter 34.

Salvador-Morales, P., Cámara-Cabral, L. C., Martínez-Sánchez, J. L., Sánchez-Hernández, R., & Valdés-Velarde, E. (2019). Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Madera y Bosques*. 25(1), e2511638. doi:10.21829/myb.2019.2511638.

Sanquetta CR, L Farinha, J Eduardo. (2008). Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Pinus taeda* en el sur del Estado de Paraná, Brasil. Universidad Federal del Paraná, Departamento de Ciencias Forestales. Revista Patagonia Forestal. 9 p. Consultado 22 dic. 2008.

Schlesinger W.H. & Andrews J.A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. 48: 7-20.

Valdéz-Velarde E., L.P. Velázquez Domínguez, J.C. Vázquez Rodríguez, J.F. Gallardo Lancho, R. Sánchez Hernández. 2017. Capítulo XVI: Estimación del carbono orgánico capturado en cafetales del área central del Estado de Veracruz, México. In La materia orgánica del suelo. Residuos orgánicos, humus, compostaje y captura de carbono. Juan F. Gallardo Lancho.

Vargas, A., Amescua, M., & Yáñez Sandoval, A. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental?

**FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE ESPECIES DE PICUDOS (COLEPTERA:
CURCULIONIDAE) EN LIMÓN PERSA EN TABASCO, MÉXICO**

**POPULATION FLUCTUATION OF WEEVIL SPECIES (COLEPTERA:
CURCULIONIDAE) IN PERSIAN LIME IN TABASCO, MEXICO**

Dante Sumano-López^{1*}, Saúl Sánchez-Soto², Néstor Bautista-Martínez³, Carlos Fredy Ortiz-García², Eustolia García-López², Ángel Sol-Sánchez², Robert W. Jones⁴ Mario Rodríguez Cuevas¹ y Eder Ramos-Hernández¹

Resumen

Los picudos (Coleoptera: Curculionidae), tienen una amplia distribución mundial, hábitos alimenticios diversos y causan daño a cultivos de importancia agrícola. Este grupo presenta amplia distribución mundial y diversos hábitos alimenticios, incluyendo fitófagos, necrófagos, zoófagos, saprófagos y micófagos. Varias especies fitófagas son plagas principales en cultivos de importancia económica, debido a los daños que ocasionan en raíces y hojas. El objetivo del presente trabajo fue conocer la fluctuación poblacional de las especies de picudos en plantaciones de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México, y determinar su relación con la temperatura y humedad relativa. El trabajo se realizó mediante muestreos semanales de septiembre de 2019 a abril de 2022 en tres plantaciones de limón persa, uno con manejo orgánico y dos con manejo

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, 86400, Huimanguillo, Tabasco, México,

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 3. 86500, Cárdenas, Tabasco, México,

³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, 56230, Texcoco, Estado de México.

⁴Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Avenida de las Ciencias s/n, 76230 Juriquilla, Querétaro, México. *Autor por correspondencia sumano.dante@inifap.gob.mx

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans. The bottom image shows a person standing in a field, surrounded by a large pile of harvested cocoa beans.

Abstract

Weevils (Coleoptera: Curculionidae) have a wide global distribution, diverse feeding habits, and cause damage to crops of agricultural importance. This group has a wide global distribution and diverse feeding habits, including phytophages, necrophages, zoophages, saprophages and mycophages. Several phytophagous species are main pests in crops of economic importance, due to the damage they cause to roots and leaves. The objective of this work was to know the population fluctuation of weevil species in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) plantations in the citrus-growing area of Huimanguillo, Tabasco, Mexico, and determine its relationship with temperature and relative humidity. The work was carried

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Introducción

El manejo de picudos en cultivo de cítricos es complejo debido a que una parte de su ciclo de vida se desarrolla en el suelo y otra en la copa del árbol. El daño mecánico que causan a

la planta permite la entrada de patógenos como *Phytophthora* spp., agente causal de gomosis y pudrición de raíz (Duncan y McCoy 1996, Bullock et al. 1999, Weissling et al. 2002).

En Tabasco se han realizado pocas investigaciones sobre picudos en cítricos (Sumano et al. 2014, Bautista-Martínez et al. 2020), y se carece de información sobre su comportamiento y biología en esta y otras regiones del trópico húmedo. Se han identificado dos morfotipos de *Epicaerus* spp., *Exophthalmus opulentus* (Boheman 1840), y *Cleistolophus subfasciatus* (Sharp 1891), asociados a plantaciones de cítricos del municipio de Huimanguillo, cuyos adultos ocasionan daños al follaje. La presencia de estos picudos se ha convertido en un problema regional que no ha podido ser controlado por los productores de cítricos. Entre otras razones porque se desconoce el comportamiento poblacional de las especies.

El objetivo del presente trabajo fue conocer la fluctuación poblacional de las especies de picudos en plantaciones de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Huimanguillo, Tabasco, México.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en tres plantaciones en Huimanguillo, Tabasco, México, con diferente manejo agronómico y sistema de producción. El sitio 1 (17°43'38.21"N, 93°27'31.83"W) es una plantación comercial con manejo orgánico de 60 hectáreas, con arreglo topológico de marco rectangular 8x4 m y 13 años de edad. El sitio 2 (17°35'51.75"N, 93°32'32.49"W) es de producción comercial, de 200 hectáreas, arreglo topológico de marco rectangular 6x5 tipo seto, y más de 15 años de edad. El sitio 3 (17°47'9.62"N, 93°43'14.90"W) es de cuatro hectáreas con arreglo topológico de marco rectangular 8x4 m y ocho años de edad. Al ser esta última la plantación más joven, los árboles presentan un porte más bajo. En los sitios 2 y 3, el manejo es convencional, con la utilización de plaguicidas y fertilizantes sintéticos.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and blue cap harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

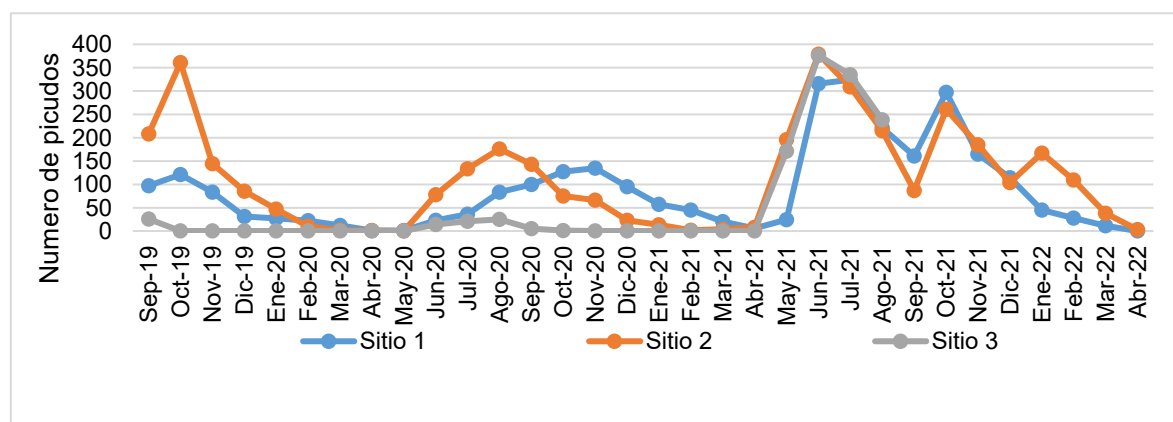
A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Cuadro 1. Especies de Picudos y Cantidad de Especímenes Colectados en la Zona Comercial Citrícola del Municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
<i>Epicaerus</i> sp. Morfotipo 1	854	819	-
<i>Epicaerus</i> sp. Morfotipo 2	1,798	1,647	-
<i>Exophthalmus opulentus</i>	75	280	146
<i>Cleistolophus subfasciatus</i>	99	882	1057
Total	2,826	3,628	1,203

La fluctuación poblacional se presenta en la Figura. 1, donde el patrón de fluctuación poblacional fue similar en los tres sitios, principalmente de los morfotipos de *Epicaerus* spp., que estuvieron presentes en sitios 1 y 2 (Cuadro 1). Los picos poblacionales se presentaron en octubre de 2019, agosto y noviembre de 2020, junio, julio y octubre de 2021, los cuales corresponden a la época lluviosa.

Figura. 1. Fluctuación poblacional de picudos en la zona comercial citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.



En el sitio 1 los morfotipos de *Epicaerus* spp., presentaron la densidad de población más alta, sobre todo el morfotipo 2. Los picos de población se presentaron en octubre de 2019, noviembre de 2020, y de junio a octubre de 2021 (Fig. 2). *E. opulentus* y *C. subfasciatus* se presentaron en el mismo periodo, pero en densidades de población más bajas (Figura. 2).

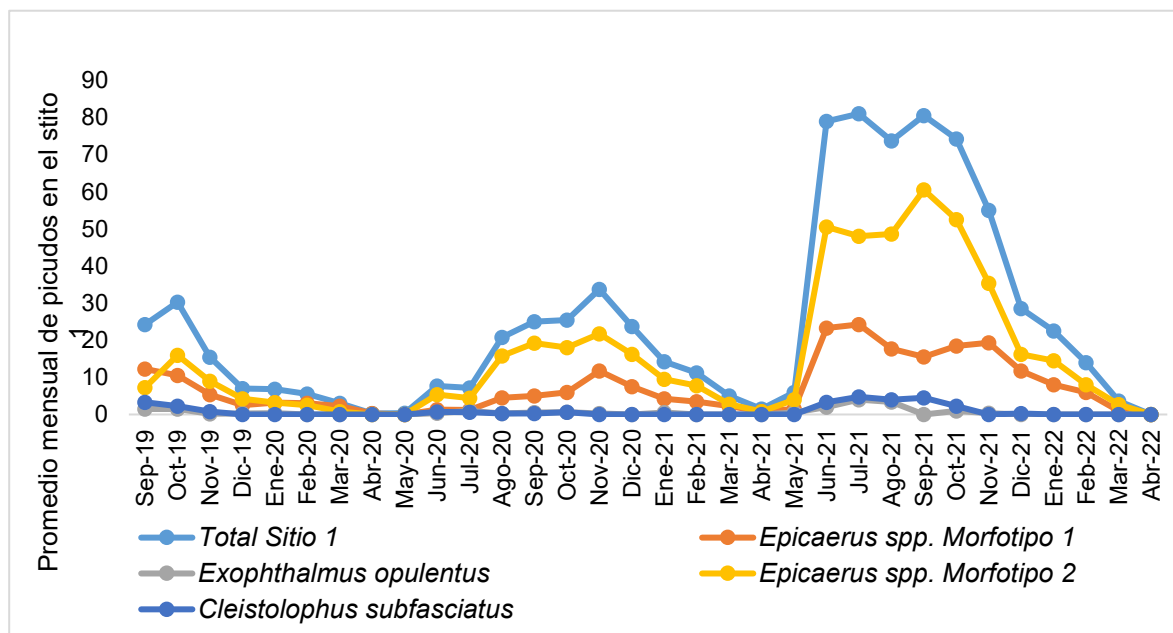


Figura. 2. Fluctuación poblacional de picudos en el sitio 1 de la zona comercial citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

En el sitio 2, el número de picudos capturados fue mayor. El comportamiento poblacional fue similar con los morfotipos de *Epicaerus* spp. Sin embargo, *C. subfasciatus* presentó picos más altos de población de mayo a agosto de 2021, mientras que la densidad de *E. opulentus* fue mayor en julio y agosto de 2021 (Figura. 3).

En el sitio 3 solo se encontraron *E. opulentus* y *C. subfasciatus* en bajas poblaciones durante la mayor parte del estudio. La mayor densidad fue de mayo a agosto de 2021, con un pico de *C. subfasciatus* en junio de 2021 (Figura. 4)

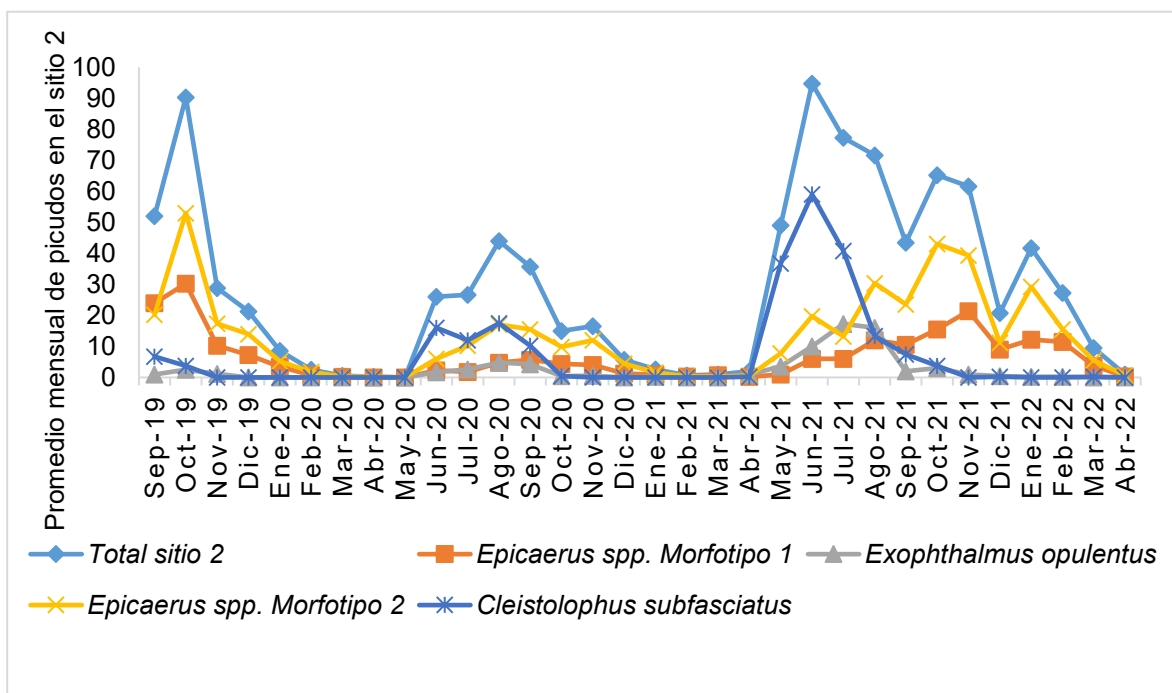


Figura. 3. Fluctuación poblacional de picudos capturados en el sitio 2 de la zona comercial citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

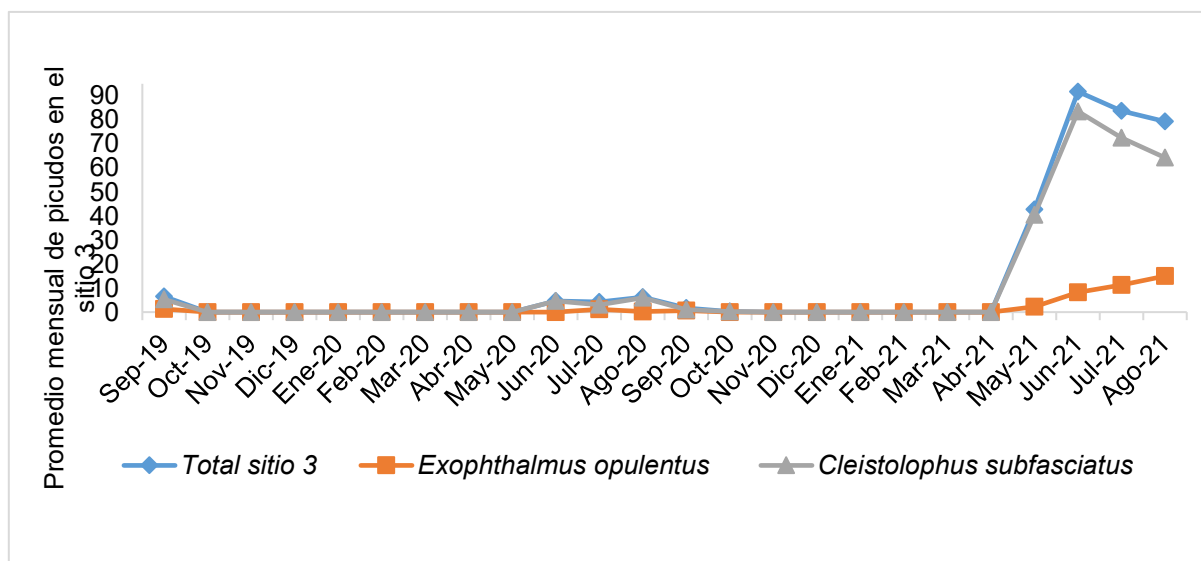


Figura. 4. Fluctuación poblacional de picudos capturados en el sitio 3 de la zona comercial citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Cuadro 3. Correlación de Pearson entre la fluctuación poblacional de las especies encontradas y las variables climáticas de temperatura y humedad relativa del sitio 2

Sitio 2				
	Temperatura °C		Humedad relativa %	
	r	p	r	p
Población Total Sitio	-0.15	0.41	0.52	2.50E-03
<i>Epicaerus</i> spp. Morfotipo 1	-0.34	.05	0.42	0.02
<i>Epicaerus</i> spp. Morfotipo 2	-0.29	0.1	0.52	2.20E-03
<i>Exophthalmus opulentus</i>	0.19	0.29	0.32	0.07
<i>Cleistolophus subfasciatus</i>	0.28	0.13	0.28	0.13

(r= Coeficiente de correlación de Pearson; p= Probabilidad).

En el Rancho Sánchez Mármol el análisis de correlación indicó que la temperatura presentó coeficientes negativos muy bajos según Bisquerra (2004) para las dos especies presentes en el sitio. La humedad relativa, por el contrario, mostró valores positivos similares por debajo de la media en todas las especies durante todo el periodo de muestreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlación de Pearson entre la fluctuación poblacional de las especies encontradas y las variables climáticas de temperatura y humedad relativa del sitio 3

Sitio 3				
	Temperatura °C		Humedad relativa %	
	r	p	r	p
Población Total Sitio	-0.15	0.41	0.52	2.50E-03
<i>Epicaerus</i> spp. Morfotipo 1	-0.34	.05	0.42	0.02
<i>Epicaerus</i> spp. Morfotipo 2	-0.29	0.1	0.52	2.20E-03
<i>Exophthalmus opulentus</i>	0.19	0.29	0.32	0.07
<i>Cleistolophus subfasciatus</i>	0.28	0.13	0.28	0.13

(r= Coeficiente de correlación de Pearson; p= Probabilidad)

Las fluctuaciones poblacionales de picudos y las diferencias entre las cantidades capturadas entre una plantación y otra pueden estar relacionadas con las etapas fenológicas del cultivo y con el tipo de manejo agronómico, pues los picos de población se presentaron en épocas donde este manejo disminuye su actividad debido a la comercialización de la fruta, lo que conlleva a un mayor número de brotes, menos podas y aumento de hospederos naturales (arvenses); excepto en la época de invierno, en la cual la actividad agronómica es más intensa debido a que el producto adquiere mayor valor comercial en Tabasco.

El sitio 1 presenta un manejo completamente orgánico, sin la utilización de plaguicidas sintéticos, lo que podría facilitar la presencia de enemigos naturales o antagonistas que eventualmente mantienen un equilibrio dentro de la plantación funcionando como control biológico (Dang et al. 2021, Iamba y Yaubi 2021), sin descartar la posibilidad de la diferencia de variedades, edad de las plantas y arreglo espacial. En contraste, en los sitios 2 y 3, donde el manejo es convencional, la aplicación de plaguicidas podría favorecer el desarrollo de resistencia, incrementando sus poblaciones en las siguientes generaciones (Avendaño-Meza et al. 2015).

Durante los muestreos no se encontró *Epicaerus* en el sitio 3, aunque estos pudieron estar presentes en una densidad poblacional muy baja, que no pudo ser detectada. También es posible que este género no haya colonizado este sitio debido a su incapacidad de volar (Morrone 2014) y a que la plantación es relativamente más joven y se encuentra aislada de otras plantaciones de cítricos por cultivos forestales y potreros

De acuerdo con los valores sobre el nivel de correlación propuestos por Bisquerra (2004), la correlación entre la temperatura y fluctuación poblacional en los tres sitios fue muy bajo, bajo o moderado, lo cual, aunado a que en la mayoría de los casos la correlación no fue estadísticamente significativa (Cuadros 2, 3 y 4), podría inferirse que este factor climático no influye significativamente en la fluctuación poblacional de las especies de picudos; sin embargo, se sabe que la temperatura sí influye en el comportamiento de los insectos, ya que algunas especies de curculiónidos tienen la capacidad de atrasar o adelantar su ciclo biológico dependiendo de las condiciones ambientales incluyendo la temperatura (Jaramillo et al. 2009, 2010; Ross, 1982). Los resultados obtenidos en este trabajo se debieron posiblemente a que

poblaciones de picudos en las plantaciones se vieron afectadas por los tipos de manejo como lo son las podas y aplicación de plaguicidas y repelentes.

La humedad relativa presentó, a diferencia de la temperatura, una correlación más alta con la fluctuación poblacional para los tres sitios (Cuadros 2, 3 y 4) de acuerdo con Bisquerra (2004), por lo que se puede inferir que, al incrementar la humedad, aumentan también las poblaciones de los insectos estudiados, sobre todo de *Epicaerus* spp., ya que fueron las que tuvieron una mayor población durante todo el periodo de muestreo. Esto también se relaciona con las condiciones climáticas de trópico húmedo presentes en el estado de Tabasco, por lo que esta variable adquiere mayor relevancia, ya que sus valores se mantuvieron por encima de los otros estados con condiciones tropicales (Morillón et al. 2018).

Conclusiones

Las fluctuaciones poblacionales se comportaron de las especies de *Epicaerus* spp, *Exophthalmus opulentus* y *Cleistolophus subfasciatus* manera similar en los tres sitios de muestreo.

Los dos morfotipos de *Epicaerus* spp., tuvieron una presencia significativa en los sitios 1 y 2.

Exophthalmus opulentus y *Cleistolophus subfasciatus* estuvieron presentes en los tres sitios de muestreo, pero con bajas densidades poblacionales

Las variables climáticas presentaron un efecto positivo para humedad relativa y negativo para temperatura sobre las fluctuaciones poblaciones de las especies registradas en los tres sitios durante todo el periodo de muestreo.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, red, green) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

Duncan, L. W., y C. W. McCoy. 1996. Vertical distribution in soil, persistence, and efficacy against citrus root weevil (Coleoptera: Curculionidae) of two species of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae; Heterorhabditidae). Environ. Entomol. 25: 174-178.

Iamba, K., y T. Yaubi. 2021. Incorporating lemon grass (*Cymbopogon citratus* L.) and marigold (*Tagetes erecta* L.) as non-host barrier plants to reduce impact of flea beetle (*Chaetocnema confinis* C.) in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *Acta Entomol. Zool.* 2: 95-101. E-ISSN: 2708-0021 <https://doi.org/10.33545/27080013.2021.v2.i1b.33>

Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F. E., Poehling, H. M., & Borgemeister, C. (2009). Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PloS one*, 4(8), e6487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006487>

Jaramillo, J., Chaby-Olaye, A., Borgemeister, C. (2010). Temperature-dependent development and emergence pattern of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae) from coffee berries. *Journal of economic entomology*. 103 (4), 1159-1165. doi: 10.1603/EC09408.

Morrone, J. J. 2014. Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*. 85: S312-S324. <https://dx.doi.org/10.7550/rmb.30038>

Morillón, D., Silva, R., Valdés, H. (2018). Energías del Océano: Atlas del Impacto del Océano en el Clima de México. Doi:10.26359/EPOMEX.CEMIE022017

Ross, H. 1982. Introducción a la entomología general y aplicada. Editorial Omega S.A. Barcelona. 535 pp.

Sharp, D. 1889. *Biologia Centrali-Americana* 1889-1891 Insecta. Coleoptera. Coleoptera. Vol. IV. Part 3. Rhynchophora. Curculionidae. London.

Sharp, D. 1902. Biología Centrali-Americana. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Apioninae, (part "Apterae"). Vol. IV. Part 3. Rhynchophora. Curculionidae. London.

Stuart, R. J., J. P. Michaud., L. Olse., y C. W. McCoy. 2002. Lady beetles as potential predators of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Fla Entomol. 85: 409-416. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0409:LBAPPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0409:LBAPPO]2.0.CO;2)

Sumano, L. D., L. V. H. Arias., y C. E. Capetillo. 2014. Primer Registro de *Naupactus cervinus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) asociado a follaje de *Citrus latifolia* Tanaka en el estado de Tabasco México. Revista Fitosanidad. 18: 49-50. ISSN: 1562-3009 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209131412008>

Weissling, T. J., J. E. Peña., R. M. Giblin-Davis., y J. L. R. Knapp. 2002. Diaprepes root weevil, *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Insecta: Coleoptera: Curculionidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, University of Florida. Publication Number: eeNY-24

Woodruff, R. E. 1985. Citrus weevils in Florida and the West Indies: Preliminary report on systematics, biology and distribution (Coleoptera: Curculionidae). Fla Entomol. 68: 370-379. <http://dx.doi.org/10.2307/3495121>

MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION OF WEEVIL SPECIES (COLEPTERA: CURCULIONIDAE) IN PERSIAN LIME THE STATE OF TABASCO, MEXICO.

Dante Sumano-López^{1*}, Saúl Sánchez-Soto², Néstor Bautista-Martínez³, Carlos Fredy Ortiz-García², Eustolia García-López², Ángel Sol-Sánchez², Robert W. Jones⁴ Mario Rodríguez Cuevas¹ y Eder Ramos-Hernández¹

En los sistemas de producción citrícola, los picudos (Coleoptera: Curculionidae) son una de las principales plagas, por su distribución y forma de alimentación, constituyen uno de los grupos de insectos con mayor número de especies, amplia distribución mundial y diversos hábitos alimenticios, incluyendo fitófagos, necrófagos, saprófagos, zoófagos y micófagos. También se consideran plagas de importancia económica en diferentes cultivos tropicales en varios países debido a los daños que causan en etapa larval y adulta. El objetivo del presente trabajo fue identificar morfológicamente las especies de picudos asociados al cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en la zona citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, donde se encuentra el 94% de las plantaciones comerciales de cítricos. El

⁴Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Avenida de las Ciencias s/n, 76230 Juriquilla, Querétaro, México. *Autor por correspondencia sumano.dante@inifap.gob.mx

clima de la zona es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con un promedio anual aproximado de 2,200 a 2,600 mm y con temperaturas máximas y mínimas absolutas de 45 °C y 14 °C. Se realizaron colectas en diferentes épocas del año, de septiembre de 2019 a febrero de 2021 en tres plantaciones de limón persa, dos con manejo convencional y una con manejo orgánico, con parcelas útiles de dos hectáreas (624 plantas). Los insectos se capturaron de manera directa mediante frascos en la copa de los árboles. durante las diferentes épocas del año (lluvias, secas y nortes), durante el periodo de septiembre de 2019 y finalizando en febrero de 2021, incluyendo también las diferentes etapas fenológicas del cultivo (emisión de yemas, floración y fructificación), son dependientes del manejo agronómico específico de cada una de ellas. Fueron separados con base en su morfología externa e identificados con claves dicotómicas. Se colectaron 1,039 especímenes de picudos correspondientes a cuatro morfoespecies, de las cuales 240 se identificaron morfológicamente como *Epicaerus* sp. (1), 355 como *Epicaerus* sp. (2), 112 como *Exophthalmus opulentus* y 332 como *Cleistolophus subfasciatus*.
Palabras clave: cítricos; Curculionoidea; plaga.

Abstract

In citrus production systems, weevils (Coleoptera: Curculionidae) are one of the main pests, due to their distribution and feeding habits, they constitute one of the groups of insects with the largest number of species, wide global distribution and diverse eating habits. including phytophages, necrophages, saprophages, zoophages and mycophages. They are also considered pests of economic importance in different tropical crops in several countries due to the damage they cause in the larval and adult stages. The objective of this work was to morphologically identify the species of weevils associated with the Persian lime crop. (*Citrus latifolia* Tanaka) in the citrus-growing area of the municipality of Huimanguillo, Tabasco, Mexico, where 94% of the commercial citrus plantations are located. The climate of the area is warm humid with abundant rainfall in summer, with an approximate annual average of 2,200 to 2,600 mm and with absolute maximum and minimum temperatures of 45 °C and 14 °C. Collections were made at different times of the year, from September 2019 to February

2021 in three Persian lemon plantations, two with conventional management and one with organic management, with useful plots of two hectares (624 plants). The insects were captured directly using jars in the treetops. during the different times of the year (rainy, dry and northern), during the period of September 2019 and ending in February 2021, also including the different phenological stages of the crop (bud release, flowering and fruiting), are dependent on management specific agronomic of each of them. They were separated based on their external morphology and identified with dichotomous keys. 1,039 weevil specimens corresponding to four morphospecies were collected, of which 240 were morphologically identified as *Epicaerus* sp. (1), 355 as *Epicaerus* sp. (2), 112 as *Exophthalmus opulentus* and 332 as *Cleistolophus subfasciatus*.

Key words: citrus; Curculionioidea; pest.

Introducción

Los picudos (Coleptera: Curculionidae) constituyen uno de los grupos de insectos con mayor número de especies, amplia distribución mundial y diversos hábitos alimenticios, incluyendo fitófagos, necrófagos, saprófagos, zoófagos y micófagos (Morrone, 2014).

Los picudos de los cítricos se consideran plagas de importancia económica en varios países debido a los daños que causan en etapa larval y adulta (Wooddruff, 1985; Morrone, 2014). En las diferentes zonas citrícolas de América, se registran diversos complejos de picudos asociados a cítricos (Cano *et al.*, 2002), incluyendo especies de los géneros: *Compsus*, *Diaprepes*, *Epicaerus*, *Exophthalmus*, *Lachnopus*, *Litostylus*, *Pachnaeus*, *Pantomorus* y *Tanymecus* (Woodruff, 1968, 1985; Davies & Albrigo, 1994). En Estados Unidos, cinco de las especies consideradas como plagas primarias son: *Pachnaeus litus* Germar, *P. opalus* Schoenherr, *Asynonychus godmani* Crotch, *Artipus floridanus* Horn y *Diaprepes abbreviatus* Linnaeus (Wooddruff, 1985; Cano *et al.*, 2002), considerándose esta última como de la mayor importancia económica para dicho cultivo en el país (Stuart *et al.*, 2002).

Para México existen vacíos de información sobre las especies de curculiónidos asociadas a cítricos (Woodruff, 1985; Sumano *et al.*, 2014; Soto-Hernández *et al.*, 2016; Bautista-Martínez *et al.*, 2020). A pesar de la importancia de las especies de picudos de los cítricos en

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Se realizaron colectas de insectos en tres plantaciones de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), durante las tres épocas del año (lluvias, secas y nortes), durante el periodo de septiembre de 2019 a febrero de 2021, en las diferentes etapas fenológicas del cultivo (emisión de yemas, floración y fructificación). En cada plantación las colectas se realizaron en parcelas de dos hectáreas (624 plantas).

El primer sitio, denominado “Rancho Don Mario” (17°43'38.21"N 93°27'31.83"W), es una plantación comercial de 60 ha y 13 años de edad con manejo orgánico. El segundo sitio fue el “Rancho Grano de Oro” (17°35'51.75"N, 93°32'32.49"W), una plantación comercial de 15 años que consta de 200 ha con manejo convencional (uso de plaguicidas). El tercer sitio llamado “Rancho Sánchez Mármol” (17°47'9.62"N, 93°43'14.90"W), plantación de ocho años de edad y cuatro ha, con manejo convencional.

Los picudos generalmente se encuentran alimentándose en las hojas de los árboles, por lo que su captura se llevó a cabo de manera directa (Steyskal *et al.*, 1986), utilizando frascos de plástico y vidrio de 4.5 cm de diámetro y 6 cm de altura que permiten capturar varios insectos a la vez cuando se encuentran juntos. En cada sitio se seleccionaron al azar 10 plantas, y en cada una de ellas se capturaron los picudos que se alimentaban del follaje, abarcando la mayor cantidad de área posible, durante un tiempo de seis minutos por planta.

Los insectos capturados fueron llevados al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, para una separación preliminar con base a su morfología externa y coloración; fueron colocados en recipientes con alcohol etílico al 70% y rotulados con fecha, lugar de captura y cantidad de individuos; posteriormente se montaron en alfileres entomológicos.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and hat harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

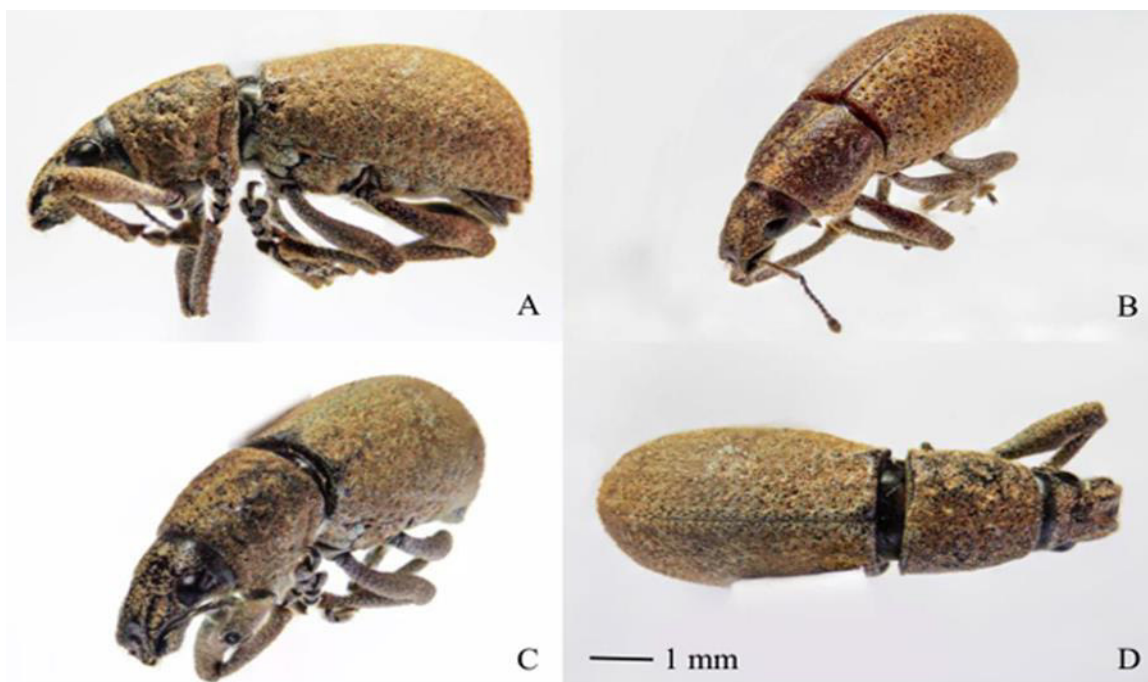


Figura 1. Especímenes del morfotipo 1 correspondientes al género *Epicaerus* sp. colectados en los Ranchos Don Mario y Grano de Oro de la zona citrícola en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Morfotipo 2. *Epicaerus* sp 2.

Estuvo presente en los Ranchos Don Mario y Grano de Oro. Se colectaron 355 individuos. El tamaño oscila entre los 8 y 13 mm. El cuerpo es de color negro con puntuaciones longitudinales con escamas de color café claro, con una banda transversal de escamas más claras de diferentes tonalidades entre café oscuro y café blanquecino. El rostrum es corto y la cavidad bucal ancha, con una depresión central longitudinal, además, de una fóvea al inicio de ésta entre los ojos, sin escutelo. Los élitros son convexos, siendo más angostos en la base, y más anchos distalmente (Figura 2)

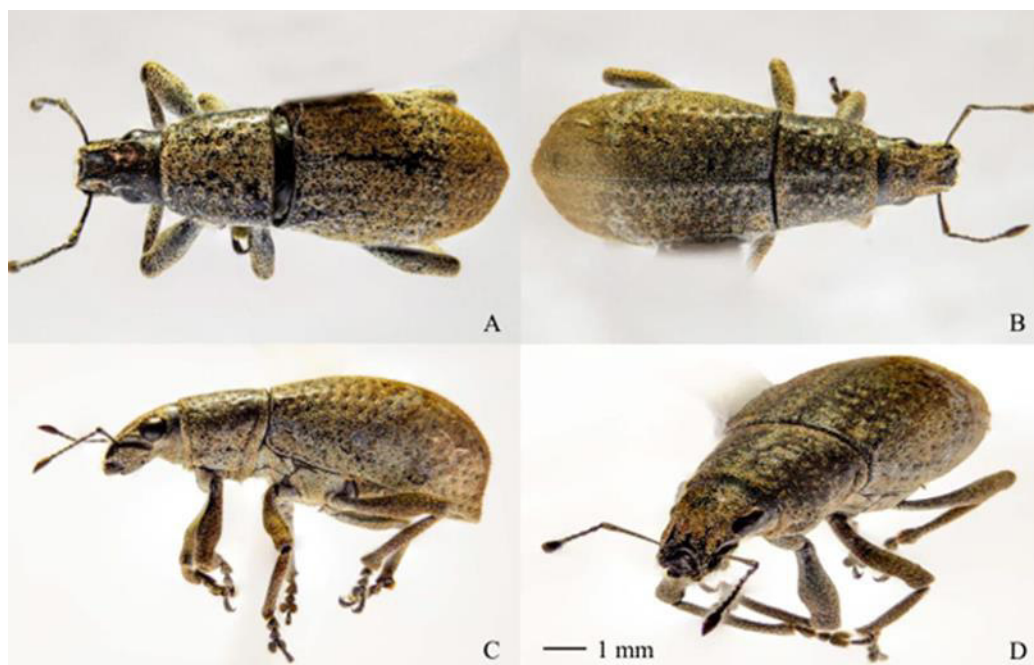


Figura 2. Especímenes del morfotipo 2 correspondientes al género *Epicaerus* sp. colectados en los Ranchos Don Mario y Rancho Grano de Oro de la zona citrícola en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

En el presente estudio solo fue posible identificar a nivel de género los individuos correspondientes a los morfotipos 1 y 2 (*Epicaerus* spp.). La dificultad para identificar especies del género *Epicaerus* se debe a que muchas de éstas comparten rasgos morfológicos muy similares, lo que puede conllevar a que se confundan con otras (Marvaldi, 1997; Marvaldi *et al.*, 2002). Las dos especies de *Epicaerus* aquí registradas presentan gran similitud, tanto que, a simple vista es muy difícil distinguir una de otra, con excepción de la banda de escamas de forma perpendicular en los élitros en el morfotipo 2 (Figura 2), que van de tonalidades cafés a blancos opacos, y en algunos casos de color negro (por falta de escamas), por lo que se podrían considerar especies crípticas (Sáez, 2009). Las similitudes en la forma del rostrum, las líneas punteadas en toda la parte superior del cuerpo, además de una fovea en la parte superior de la cabeza son características del género *Epicaerus*.

El género *Epicaerus* se compone de especies relativamente grandes que van de 0.8 a 1.8 cm de

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

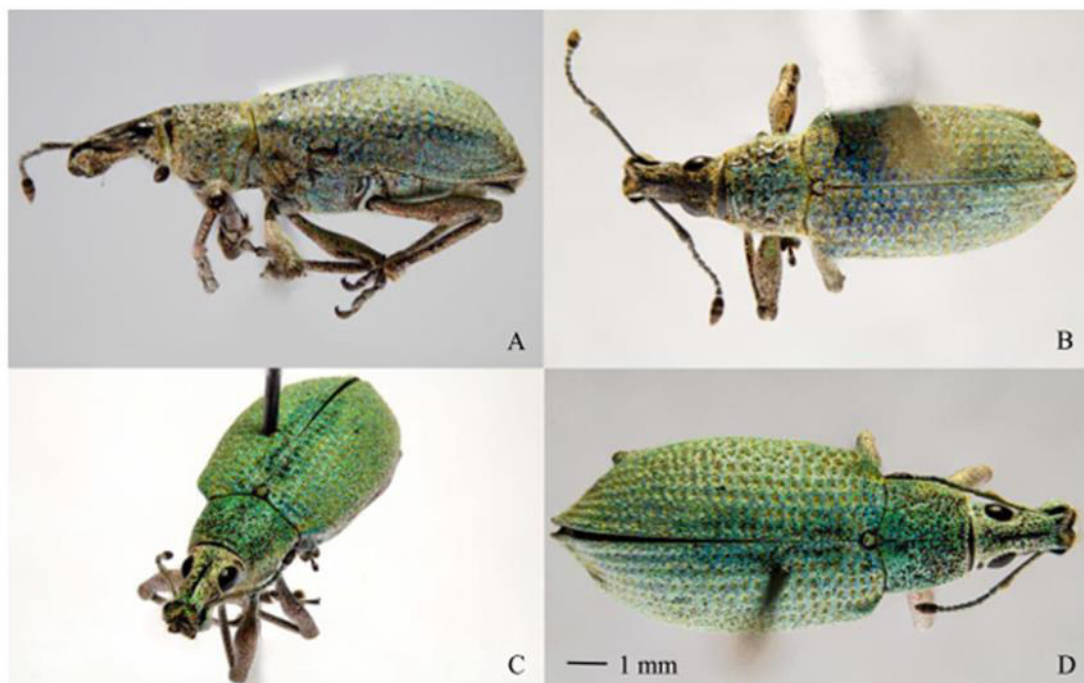


Figura 3. Especímenes de *Exophthalmus opulentus* colectados en los Ranchos Don Mario, Grano de Oro y Sánchez Mármol de la zona citrícola en el municipio de Huimanguillo, Tabasco (A, B) hembra ♀, (C, D) macho ♂.

En la región neotropical se distribuye *Exophthalmus opulentus*, con registros en México, Guatemala, Honduras y Panamá (O'Brien & Wibmer 1982; Morrone, 1999; Franz, 2012; Texas A&M, 2022), sólo hay un registro de esta especie colectada en cítricos en el estado de Veracruz (Soto-Hernández *et al.*, 2016). Aunque se colectó menor cantidad de individuos de *E. opulentus* que de *Epicaerus* spp., en poblaciones grandes los adultos de *E. opulentus* podrían ocasionar daños considerables debido a su mayor tamaño. Otras especies del género *Exophthalmus* que se reportan asociadas a cítricos son *E. quadrivittatus* (Olivier) que daña severamente las raíces de este cultivo en la isla La Española, en el mar Caribe (Wooddruff, 1985), y *E. cupreipes* Champion asociada al follaje de limón persa en Veracruz y Tabasco, México (Bautista-Martínez *et al.*, 2020). Considerando las imágenes y descripciones realizadas por estos autores, esta última especie podría ser realmente *E. opulentus*.

Morfotipo 4. *Cleistolophus subfasciatus* (O'Brien 1982)

Se colectaron 332 individuos en los tres sitios. Los adultos miden entre 5 y 7 mm de longitud. El rostrum es corto y delgado distalmente, con aparato bucal definido. El cuerpo está cubierto de escamas color verde jade, verde claro y color dorado. Los élitros son convexos con dos manchas negras en la base de cada uno, presentan franjas transversales de escamas negras, la principal y más notable en forma de Z o W, otra en la parte final en forma de V. Una característica de esta especie es una espina en la cara interna de la mitad posterior del fémur (profemur) en las patas delanteras, además, de un escutelo transverso característico de este género (Figura 4).

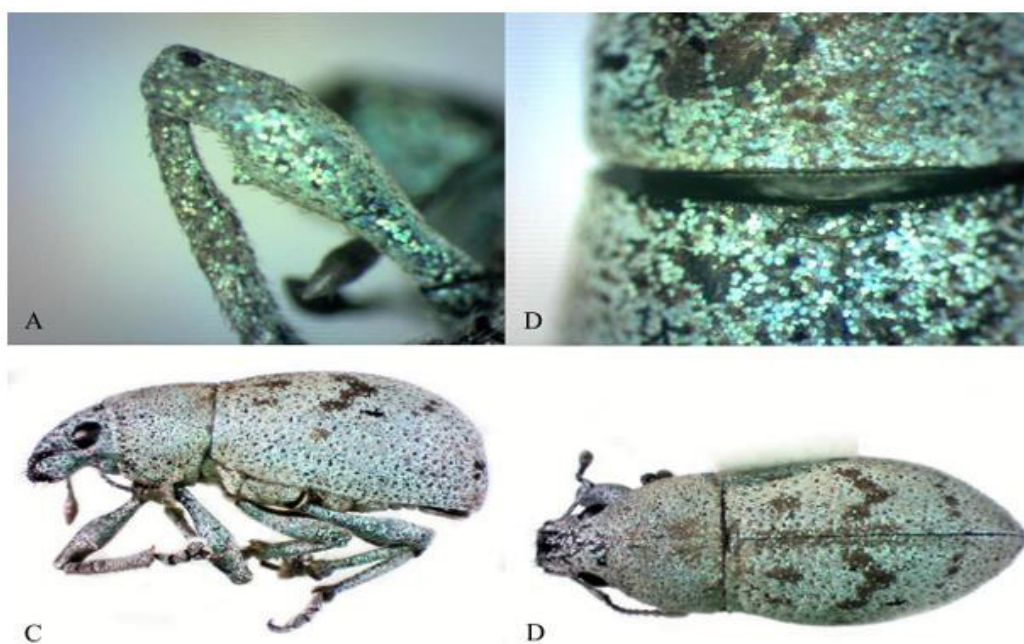


Figura 4. Especímenes de *Cleistolophus subfasciatus*. colectados en los Ranchos Don Mario, Grano de Oro y Sánchez Mármol de la zona citrícola en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. (A) Espina en profemur, (B) Escutelo transverso, (C) Vista lateral, (D) Vista dorsal.

Cleistolophus subfasciatus es una especie poco estudiada y poco común. Existe escasa información sobre ésta, y son limitados los trabajos que presentan información sobre su taxonomía. La cantidad de individuos capturados fue similar a la de los morfotipos de *Epicaerus*, por tanto, su identificación y asociación con el cultivo de cítricos constituyen una base para la realización de estudios que permitan determinar su importancia como una plaga potencialmente dañina, pues sus poblaciones podrían ocasionar daños considerables en el follaje. Esta especie se encuentra distribuida en México, Guatemala, Honduras y Nicaragua (O'Brien & Wibmer, 1982; Jean-Michel & O'Brien, 1990; Morrone, 1999; Jones *et al.*, 2013).

Conclusiones

Para la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, se identificaron morfológicamente dos morfotipos, correspondientes al género *Epicaerus*, y las especies *Exophthalmus opulentus* y *Cleistolophus subfasciatus*. El presente trabajo constituye el primer registro de *E. opulentus* y *C. subfasciatus*, asociadas a cítricos.

Literatura Citada

Anderson, R. S., O'Brien, C. W. (1996) Curculionidae (Coleoptera). Pp. 329—350. In: J. Llorente-Bousquets, A. N. García-Aldrete & E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México, D.F.

Atencio, R., Barba, A., Collantes, R., Pitt, J., Muoz, J., Bas, D. M., Girn, J. (2022) A new species of *Epicaerus* Pascoe, 1881 (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae: Geonemini) associated with potato cultivars in Tierras Altas de Chiriqu, Panama. *Zootaxa*, 5115 (1), 103—121. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5115.1.7>

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation.

Franz, N. M. (2012) Phylogenetic reassessment of the *Exophthalmus* genus complex (Curculionidae: Entiminae: Eustyliini, Geonemini). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 164 (3), 510—557. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2011.00774.x>

Jean-Michel, M. A. E. S., O'Brien, C. W. (1990) Lista anotada de los Curculionoidea (Coleoptera) de Nicaragua. *Rev. Nica. Ent.*, 12, 1—78.

Jones, R. W., Obregon, Z. A. J. (2013) *Captura de datos de la Colección de Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) de la Universidad Autónoma de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HC010. México, D. F. 34 pp.

Jones, R. W., Illescas-Riquelme, C., López-Martínez, V., Bautista-Martínez, N., O'Brien, C. W. (2019) Emergent and possible invasive pest species of weevils in Mexico. *Florida Entomologist*, 102 (3), 480—485. <https://doi.org/10.1653/024.102.0302>

López-Arroyo, J. I., Loera-Gallardo, J., Rocha-Peña, M. A. (2008) Situación actual de los vectores y otras plagas de importancia para la citricultura de las Américas. pp. 29—49. En: *Manual de saneamiento y diagnóstico para la producción de material de propagación, certificación de cítricos*. González, A. E., González, A. E., Oliva, V. (eds). Fondo Común para los Productos Básicos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Red Interamericana de Cítricos, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. 100 pp.

Marvaldi, A. E. (1997) Higher Level Phylogeny of Larvae of Curculionidae (Coleoptera: Curculionidae) based mainly on larval characters, with special reference to Brad-Nosed Weevils. *Cladistics*, 13 (4), 285—312. <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.1997.tb00321.x>

Marvaldi, A. E., Sequeira, A. S., O'Brien, C. W., Farrell, B. D. (2002) Molecular and morphological phylogenetics of weevils (Coleoptera, Curculionoidea): do niche shifts accompany diversification?. *Systematic biology*, 51 (5), 761—785. <https://doi.org/10.1080/10635150290102465>

Montiel, V. G., Bautista M. N., Illescas, R. C. P., García, A. C. J., Calyecac, C. G. (2017) *Epicaerus operculatus* Say: an Emerging Pest of Allium Crops in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 42 (3), 769—775. <https://doi.org/10.3958/059.042.0315>

Morrone, J. J. (1999) The species of Entiminae (Coleoptera: Curculionidae) ranged in America south of the United States. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 70(2), 99—168. Disponible en: <https://revistas.unam.mx/index.php/zoo/article/view/7224>

Morrone, J. J. (2014) Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (1), 312—324. <https://doi.org/10.7550/rmb.30038>

Muñiz-Vélez, R. (2001) Algunos curculiónidos en las plantas cultivadas en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* 16: 1–11.

Muñiz-Vélez, R., Burgos-Dueñas, A., Burgos-Dueñas, O., López-Martínez, V., Burgos-Solorio, A. (2015) Nuevas aportaciones a los Curculionoidea del estado de Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 1 (1), 25–49. Disponible en: <http://revistas.acaentmex.org/index.php/fofia/article/view/161>

O'Brien, C. W. & G. J. Wibmer. (1982) Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute*, (34) 1–382. Disponible en: <https://academic.uprm.edu/~franz/WeevilCourseResources/OBrienWibmer1982-WeevilsNCAWI.pdf>

Ordoñez-Reséndiz, M. M. (2005) Colección de Coleoptera (Insecta) de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21 (1) 95–106. <https://doi.org/10.21829/azm.2005.2112010>

Sáez, A. G. (2009) Genes y especies. *Ecosistemas*, 18, (1) 3-9. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/70> (Consultado 13 abril 2022).

Sharp, D. (1889) *Biologia Centrali-Americana 1889-1891 Insecta. Coleoptera*. Vol. IV. Part 3. Rhynchophora. Curculionidae. London. (Consultado 11 abril 2022).

Sharp, D. (1902) *Biologia Centrali-Americana 1889-1891 Insecta. Coleoptera*. Vol. IV. Part 3. Rhynchophora. Curculionidae. London. (Consultado 11 abril 2022).

Soto-Hernández, M., Reyes-Castillo, P., García-Martínez, O., Ordaz-Silva, S. (2016) Curculiónidos de diversas localidades de la República Mexicana (Coleoptera: Curculionoidea). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 32 (1), 62–70. <https://doi.org/10.21829/azm.2016.3201928>

Steyskal, G. C., Murphy, W. L., Hoover, E. M. (1986) *Insects and mites: Techniques for collection and preservation*. (Eds.) U. S. Department of Agricultura, Agricultural Research Service, Miscellaneous Publication No. 1443.

Stuart, R.J., Michaud, J.P., Olse, L., McCoy, C.W. (2002) Lady beetles as potential predators of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 85 (3), 409–416. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0409:LBAPPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0409:LBAPPO]2.0.CO;2)

Sumano, L. D., Arias, L V.H., Capetillo, C. E. (2014) Primer Registro de *Naupactus cervinus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) asociado a follaje de *Citrus latifolia* Tanaka en el estado de Tabasco México. *Revista Fitosanidad, Cuba*, 18 (1) 49-50. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209131412008>

Texas A&M University Insect Collection. (2022) Texas A&M University Insect Collection. Occurrence dataset Disponible en: <https://www.gbif.org/occurrence/245429307> (Consultado 12 julio 2022).

Woodruff, R. E. (1968) The present status of a west indian weevil (*Diaprepes abbrevuatus* (L.) in Florida (Coleoptera: Curculionidae), Florida. *Departament of Agriculture* (Entomology Circular No. 77). Disponible en: <https://thefsa.org/wp-content/uploads/2022/03/ent077.pdf> (Consultado 7 junio 2022).

Woodruff, R. E. (1985) Citrus weevils in Florida and the West Indies: Preliminary report on systematics, biology and distribution (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*. 68 (3), 370–379. <http://dx.doi.org/10.2307/3495121>

CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE TRES GENOTIPOS AUTOCTONOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Alfonso Azpeitia Morales^{1*}

RESUMEN

A nivel mundial, el cultivo de cacao se extiende en más de 11 millones de hectáreas. El cacao (*Theobroma cacao* L.) en México, se cultiva en una superficie de 52,993.90 hectáreas, produciendo 28,105.84 toneladas en el año 2021 (SIAP, 2022). En Tabasco, hay 34,260.50 ha, con una producción de 17,409.92 t. El cultivo de cacao es muy importante ya que a partir de sus semillas se elaboran diversos productos de confitería, siendo el más importante la elaboración de barras de chocolate en diversas presentaciones. Las variedades de cacao están clasificadas como criollos, forasteros y trinitarios. Los genotipos nombrados como criollos, en este documento los denominamos como autóctonos porque es un término apropiado para especies con un origen geográfico único. Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente a tres genotipos de cacao autóctonos del sureste mexicano. Los resultados han mostrado diferencias entre formas, tamaños y colores de las hojas, mazorcas, granos, color del grano predominando el color crema de sus semillas. Sus estructuras florales mostraron diferencias en tamaño, y numero de óvulos. Los resultados presentaron diferencias entre estos tres genotipos, el genotipo Carmelo tiene el 72% de semillas color crema, sus caracteres específicos para Carmelo son: fruto de color amarillo, de ápice mamilado, rugosidad intermedia y cascara dura y con 39 semillas en promedio por fruto. Chac mool con 43% de semillas color crema con frutos de color naranja con ápice atenuado, base suave y rugosidad de su cascara intermedia, con 31 semillas por fruto. Por último, el genotipo lagarto con 30% de semillas color crema, el fruto es de color rojo, de forma angoleta, ápice atenuado, base suave, rugosidad fuerte con cascara dura y 33 semillas

¹Campo Experimental Huimanguillo, Centro de Investigación Gofu Centro; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Autor de correspondencia: azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx

por futo. Cada uno de estos genotipos puede ser utilizado para la elaboración de barras de chocolates con identidad varietal y regional.

Palabras clave: Germoplasma, mejoramiento genético, marcadores morfológicos.

INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, el cultivo de cacao se extiende en más de 11 millones de hectáreas de tierra (Fuente, 2022; Hütz-Adams et al., 2022). América Latina y el Caribe es la tercera región productora de cacao más grande del mundo, con 1,2 millones de hectáreas cultivadas bajo diferentes sistemas de cultivo (Somarriba y Lachenaud, 2013; Orozco-Aguilar et al., 2021; Daymond et al., 2022). El cacao (*Theobroma cacao* L.) en México, se cultiva en una superficie de 52,993.90 hectáreas, produciendo 28,105.84 toneladas en el año 2021 (SIAP, 2022). En Tabasco, hay 34,260.50 ha, con una producción de 17,409.92 t. El Segundo estado productor corresponde a Chiapas con 18,475.90 ha y con una producción de 10,404.21 t (SIAP, 2022). En el proceso productivo intervienen cerca de 50 mil familias de los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao en el estado de Tabasco se distribuye en seis municipios, destacando por su superficie cultivada los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Huimanguillo. En el estado de Chiapas destacan por su producción los municipios de Tapachula, Pichucalco y Palenque. Para la industria chocolatera nacional, el cacao representa la materia prima para la elaboración del chocolate, y su calidad ha sido preferida por esta industria (Barrón, et al., 2011). En México desde antes del descubrimiento de América se cultivó cacao llamado como criollo, considerado de excelente calidad para la elaboración de chocolates, sin embargo, su denominación correcta es autóctono, término que indica su origen geográfico del lugar donde crece. Las introducciones de materiales forasteros con características de mayor producción y tolerancia a plagas y enfermedades; han ocasionado que el cacao autóctono desaparezca casi por completo en el estado de Tabasco, por lo que el presente trabajo de caracterización morfológica de cacao autóctono, representa un esfuerzo para evitar su extinción genética. Estos genotipos fueron colectados en el estado de Tabasco desde hace 30 años (López;1994). En general, los granos de cacao autóctono se consideran que tienen un sabor más fino que el de otras variedades de cacao, pero no son resistentes a

las

enfermedades y por lo tanto son problemáticos para los agricultores para hacerlos crecer y mantenerlos sanos (Amano chocolate, 2010). La característica del cacao depende de las exigencias de cada mercado y del fin a que se lo destine (Graziani, 2003), siendo el cacao la materia prima del chocolate, la calidad comprende las características físicas que se refiere al tamaño y presentación de las semillas y las características organolépticas (sabor y aroma) que posea una determinada muestra de cacao, que asegure su fabricación (Cros, *et al*, 1994). Enríquez (1983) y Moreira (1994), indican que para el mercado del cacao es requisito indispensable que las semillas pesen mínimo 1,2 g cada una. Los trabajos realizados por Alvarado y Bullard (1961), López (1984) y Reyes, Vivas y Romero (2004), mencionan que el contenido de testa varía de acuerdo con el genotipo del cacao, desde 6 hasta 16 % y que además guarda una relación inversamente proporcional con su tamaño. Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente a tres genotipos de cacao autóctonos del sureste mexicano.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló de noviembre de 2022 a marzo de 2023, en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) dentro del Campo Experimental Huimanguillo, ubicado en el km 1 de la carretera Huimanguillo-Cárdenas (17° 19') latitud norte, (93° 23') longitud oeste, 29 msnm.

Caracterización morfológica de genotipos autóctonos. Fueron seleccionadas muestras de tres genotipos de cacao: a) Carmelo, b) Lagarto y c) Chac mool en el banco de germoplasma del campo Experimental Huimanguillo, localizado en el km 1 de la carretera Huimanguillo-Cárdenas. El estudio de caracterización morfológica se realizó de acuerdo al protocolo descrito por Phillips-Mora *et al.* (2012) y la UPOV (International union for the protection of new varieties of plants, 2011).

Flor. Para el estudio de las flores, fueron colectadas 30 flores por genotipo y en el laboratorio fueron disectadas las estructuras de la flor con un bisturí y pinza bajo la lente de un

microscopio estereoscópico Mca. Cars Zeiss y se midió la longitud y ancho del pedicelo, sépalo, lígula, estaminoides, ovario, estilo, antera y cantidad de óvulos del ovario.

Frutos: Para la toma de datos de frutos se cortaron 30 frutos provenientes de cada genotipo, donde se evaluó el color del fruto maduro, forma del fruto, forma del ápice, forma de la constricción basal, rugosidad de la cascara, dureza de la cascara, peso, longitud, peso fresco y número de semillas.

Semillas: Las semillas se evaluaron de acuerdo a los siguientes parámetros: color del cotiledón, forma, longitud, diámetro, espesor, peso con testa y peso sin testa.

Hojas: Fueron colectadas hojas de seis a siete días (renuevo) y 30 hojas de la parte intermedia (hoja madura) de cada genotipo.

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 30 repeticiones para frutos, hojas y para semillas se utilizaron 100 repeticiones constituidas por una semilla. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (0.05), utilizando el programa FEUANAL.

RESULTADOS Y DISCUSION

Flor: a) Pedicelo y sépalo. En el Cuadro 1 se observa que el genotipo con el pedicelo de mayor longitud es el Chac mool con 1.51 cm siendo superior estadísticamente al genotipo lagarto y Carmelo. El ancho del pedicelo es igual en el genotipo Chac mool y lagarto con 0.98 cm siendo superiores estadísticamente a Carmelo. Respecto a la longitud del sépalo, el genotipo Carmelo fue superior con 7.10 mm contra 6.7 y 6.4 para los genotipos Lagarto y Chac mool (Figura 1). En Cuanto al ancho del sépalo Chac mool fue superior estadísticamente al genotipo lagarto y Carmelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Longitud y ancho de pedicelo y sépalo en los genotipos autóctonos Carmelo, Lagarto y Chac mool (n=30, los valores con letras diferentes presentaron diferencias estadísticas, Tukey 0.5).

Genotipo	Pedicelo (mm)		Sépalo (mm)	
	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho
Carmelo	1.35 b	0.93 b	7.10 a	1.9 b
Lagarto	1.39 b	0.98 a	6.7 b	2.0 b
Chac mool	1.51 a	0.98 a	6.38 b	2.47 a

b) Lígula y antera. El genotipo Chac mool mostro una lígula de mayor longitud y ancho, siendo superior estadísticamente a los genotipos Carmelo y Lagarto (Cuadro 2). En cuanto a la longitud de a antera, los tres genotipos fueron iguales estadísticamente, mientras que, para el ancho de la antera, Chac mool fue superior estadísticamente en comparación a Carmelo y Lagarto.

c) Ovario y óvulos. El genotipo Chac mool presento una mayor longitud del ovario el cual fue superior estadísticamente en comparación con Carmelo y Lagarto.

Cuadro 2. Longitud y ancho de lígula y antera en los genotipos autóctonos Carmelo, Lagarto y Chac mool (n=30, los valores con letras diferentes presentaron diferencias estadísticas, Tukey 0.5).

Genotipo	Lígula (mm)		Antera (mm)	
	Longitud	Ancho	Longitud	Ancho
Carmelo	6.52 b	2.34 b	2.0 a	0.25 b
Lagarto	6.41 b	2.27 b	1.93 a	0.23 b
Chac mool	7.93 a	2.45 a	2.1 a	0.3 a

En cuanto a número de óvulos Lagarto y Carmelo son superiores estadísticamente en comparación con Chac mool. Respecto al número de semillas, el genotipo Carmelo fue superior estadísticamente a Lagarto y Chac mool, con 39 semillas/fruto (Cuadro 3 y Figura 1 y 2).

d) Fruto. En cuanto al color del fruto, Chac mool se caracteriza por tener un fruto verde en estado inmaduro y naranja al madurar, siendo diferente en comparación con los genotipos Carmelo el cual es amarillo al madurar y para el genotipo lagarto, rojizo al madurar.

Cuadro 3. Longitud y ancho del ovario y numero de óvulos en los genotipos autóctonos Carmelo, Lagarto y Chac mool (n=30, los valores con letras diferentes presentaron diferencias estadísticas, Tukey 0.5).

Genotipo	Ovario (mm)		Número de Óvulos	Número de semillas/fruto
	Longitud	Ancho		
Carmelo	1.01 b	1 a	33 a	39 a
Lagarto	1.02 b	1.01 a	36 a	33.6 b
Chac mool	1.3 a	1.13 a	31 b	31 b

Chac mool tiene un ápice atenuado, con base suave, rugosidad intermedia y dureza intermedia. Estos caracteres lo diferencian de los genotipos Carmelo y Lagarto.

El peso fresco de la mazorca de Chac mool es intermedia con 199 gr, mientras que el genotipo lagarto es superior estadísticamente con 549 gr. En cuanto a su longitud, el fruto de Chac mool es pequeño con arriba de 14 cm, mientras que el genotipo lagarto presento una media de 26 gr/fruto. En la (Figura 3 y Cuadro 4) se muestran los tres genotipos criollos de *Theobroma cacao* L. donde se aprecian las diferencias morfológicas de cada uno de ellos: longitud, ancho, forma del ápice, constricción basal, rugosidad de la cascará y las diferentes tonalidades en el color de los frutos.



Figura 1. Estructura de la flor de Carmelo y genotipo Lagarto: a) Flor completa, b) Sépalos, c) Estilo, d) Antera, e) Pedicelo, f) Estaminoides, g) lígula, h) Ovario.

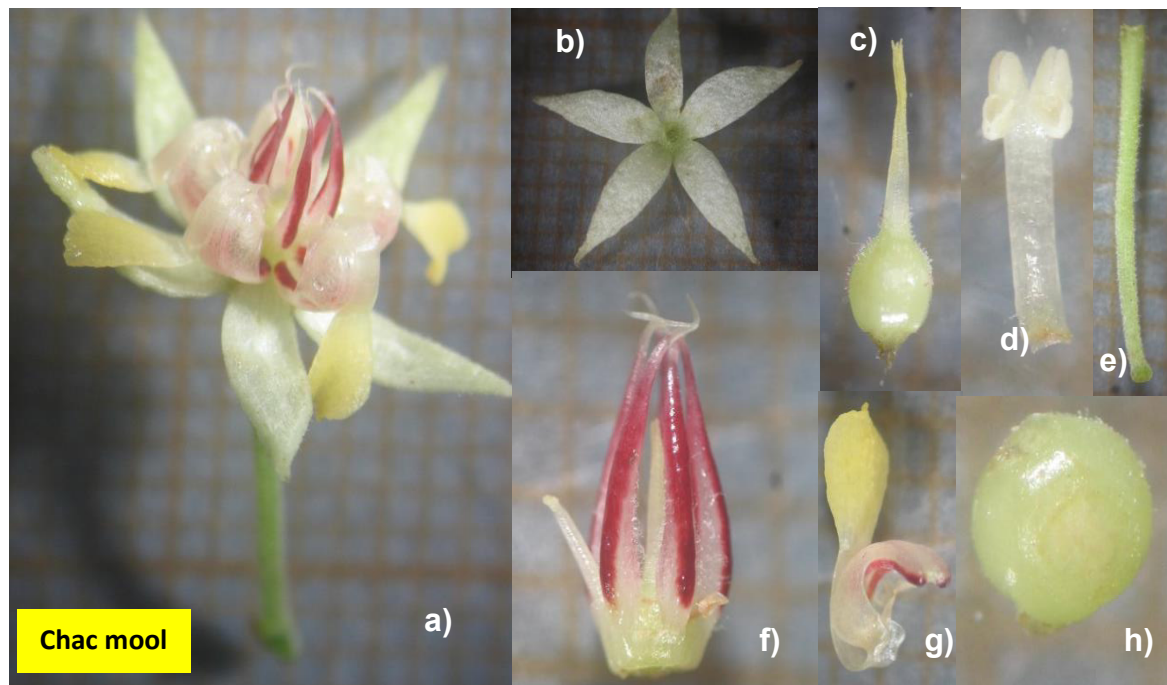


Figura 2. Estructura de la flor del genotipo Chac mool: a) Flor completa, b) Sépalos, c) Estilo, d) Antera, e) Pedicelo, f) Estaminoides, g) lígula, h) Ovario.



Figura 3. Frutos y semillas de los genotipos autóctonos de cacao *Theobroma cacao* L.) Carmelo (a), Lagarto y Chac mool.

Cuadro 4. Caracterizaciones morfológicas del fruto de los genotipos autóctonos Carmelo, Lagarto y Chac mool (n=30, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (n= 30, Tukey 0.05).

Genotipo	Color	Forma	Ápice	Base	Rugosidad	Dureza	Peso Fresco de la mazorca (g)	Longitud (cm)
Carmelo	Amarillo	Autóctona	Mamilado	Intermedio	Intermedio	Duro	403.749 b	17.11 b
Lagarto	Rojizo	Angoleta	Atenuado	Suave	Fuerte	Duro	549.49 a	26.1 a
Chac mool	Naranja	Autóctona	Atenuado	Suave	Intermedio	Intermedio	199.573 c	14.44 c

e) Semilla. El genotipo Chac mool presento menor longitud de semilla, diámetro de semilla y peso seco de la semilla con testa y sin testa en comparación a los genotipos Carmelo y

Cuadro 5. Caracterización de la semilla de los genotipos autóctonos Carmelo, Lagarto y Chac mool (Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (n= 100, Tukey 0.05).

Genotipo	Longitud de la semilla (cm)	Diámetro de la semilla (cm)	Peso seco de la semilla con testa (gr)	Peso seco sin testa (gr)
Carmelo	2 a	0.87 a	1.73 a	1.16 a
Lagarto	1.96 a	0.89 a	2.2 a	1 a
Chac mool	1.38 b	0.6 b	1.1 b	0.75 b

Lagarto (Cuadro 5).

f) Hojas. En los genotipos en estudio, Carmelo, y lagarto destaco el color de los brotes con verde claro, mientras para Chac mool son de un verde medio, sin embargo, el color del limbo para los tres genotipos es dominante el verde obscuro. Para la forma del ápice de la hoja, Carmelo y Lagarto son de forma aguda y Chac mool apiculada. La forma de la base es obtusa para Carmelo y Chac mool y aguda para Lagarto. El ancho, la longitud del peciolo y la

longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja fue superior estadísticamente para Carmelo y Chac mool en comparación a Lagarto (Cuadro 6 y Figura 3).

Cuadro 6. Características morfológicas de las hojas de los genotipos Carmelo, Lagarto y Chak mool (Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (n= 30, Tukey 0.05).

Criollo	Color de los brotes terminales	Intensidad del color del limbo	Forma ápice	Forma de la base del limbo	Ancho de la hoja (cm)	Longitud de la hoja (cm)	Longitud del peciolo (cm)	Longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (cm)
Carmelo	Verde claro	Oscuro	Agudo	Obtusa	12.2 a	33.7 a	2.7 a	18.1 a
Lagarto	Verde claro y Rojo claro	Oscuro	Agudo	Aguda	10.4 c	31.9 b	2.7 a	16.1 b
Chac mool	Verde medio	Oscuro	Apiculada	Obtusa	12.1 a	33.0 a	2.3 c	17.5 a



Figura 3. Hojas y brotes nuevos de *Theobroma cacao* L. a) Carmelo, b) Lagarto y c) Chak mool.

Las caracterizaciones genotípicas de cacao son muy importantes, de esta forma es posible identificar genotipos de cacao por la forma del fruto, las flores, color de las semillas, formas y tamaño de las hojas principalmente (Azpeitia, 2020a y Azpeitia 2020b). En el presente estudio con genotipos autóctonos, los caracteres morfológicos son diferentes entre sí. Carmelo tiene el 72% de semillas color crema, Chac mool con 43% y Lagarto con el 30 %. Sus caracteres específicos para Carmelo son: fruto de color amarillo, de ápice mamilado, rugosidad intermedia y cascara dura. Sus semillas son 39 por fruto. Para el genotipo lagarto, el fruto es de color rojo, de forma del ápice angoleta, ápice atenuado, base suave, rugosidad fuerte con cascara dura y 33 semillas por futo. Por último, para el genotipo Chac mool con fruto de color naranja con ápice atenuado, base suave y rugosidad de su cascara intermedia, con 31 semillas por fruto.

CONCLUSIONES

En esta investigación se identificaron las diferencias morfológicas de los tres genotipos autóctonos, lo que permite concluir que estos genotipos son diferentes entre sí. Estos son de diferente tamaño de fruto, número de semillas variable entre cada genotipo, pero se diferencian en el color de las semillas. Carmelo tiene el 72% de semillas color crema, sus caracteres específicos para Carmelo son: fruto de color amarillo, de ápice mamilado, rugosidad intermedia y cascara dura. Sus semillas son 39 en promedio por fruto. Chac mool con 43% de semillas color crema con frutos de color naranja con ápice atenuado, base suave y rugosidad de su cascara intermedia y con 31 semillas por fruto. Por último, el genotipo lagarto con 30% de semillas color crema, el fruto es de color rojo, de forma angoleta, ápice atenuado, base suave, rugosidad fuerte con cascara dura y 33 semillas por fruto. Cada uno de estos genotipos puede ser utilizado para la elaboración de barras de chocolate varietal para su comercialización como chocolate procedente de una región geográfica específica.

LITERATURA CITADA

Alvarado, M. R y Bullard, E. T. 1961. Variation of bean characteristic in hybrid cacao progenies, proceeding of the Caribbean Region, America Society Horticultural Sciences 5. 105 p.

Amano.chocolate. 2010. Cacao.flowers.[http://www.amanochocolate.com/articles/theobroma cacao.html](http://www.amanochocolate.com/articles/theobroma_cacao.html).

Azpeitia-Morales, Alfonso. (2020a). Chak, nuevo híbrido mexicano de cacao (*Theobroma cacao* L.) de alto rendimiento y calidad. *Revista fitotecnica mexicana*, 43(2), 239-241. Epub 24 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.239>

Azpeitia-Morales, Alfonso. (2020b). Olmeca: híbrido de cacao para alto rendimiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1999-2003. Epub 13 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2054>

Barrón García Y. P., Alfonso Azpeitia Morales, Procopio Alejandro López Andrade, Felipe Mirafuentes-Hernández. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 765-777.

Cros ,E.; Mermet G.; Jeanjean N.; y Georges G. 1994. Relation précurseurs développement de l'arôme cacao. In 11° Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, (11, 1993, Coted' Ivoire) Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. 723 – 726 p.

Daymond, A., Giraldo, D., Hadley, P., and Bastide, P. (eds.). (2022). A Global Guide to Cocoa Farming Systems. Reading: University of Reading, 35.

Enríquez, G. 1983. El Cultivo del Cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 162 p.

Graziani, L. F. 2003. Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. Consultado el 18 de Enero del 2005 disponible en www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html

Hütz-Adams, F., Campos, P., and Fountain, A. C. (2022). Latin America Baseline

Cocoa Barometer. 2022. The Cocoa Barometer Consortium, 37. Available onlineat:

<https://voicenetwork.cc/wp-content/>

López B., O. 1984. Herencia de los caracteres de la semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ms. Sc. Turrialba Costa Rica. IICA 74 p.

López P.A. 1994. Colecta y descripción de germoplasma de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Memoria de la séptima reunión científica forestal y agropecuaria, Villahermosa, Tabasco; México, 1-2 p.

Moreira, D. M. 1994. La Calidad del Cacao, Revista INIAP No 4, 24 26.

Orozco-Aguilar, L., López-Sampson, A., Leandro-Muñoz, M. E., Robiglio, V., Reyes, M., Bordeaux, M., et al. (2021). Elucidating pathways and discourses linking cocoa cultivation to deforestation, reforestation, and tree cover change in Nicaragua and Peru. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:635779. doi: 10.3389/fsufs.2021.635779

Phillips-Mora, W., Arciniegas- Leal, A., Mata-Quirós, A., & Motamayor-Arias, J. C. (2012). Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Costa Rica. Primera edición. Turrialba Costa Rica,

Reyes, H.; Vivas, J. y Romero, A. 2004. La calidad en el cacao, Factores determinantes de la Calidad del cacao. FONIAP. Maraca y Aragua. Consultado el 6 de Agosto del 2004. Disponible en www.ceniap.gov.ve.

SIAP. (31 de Julio de 2022). SAGARPA. Obtenido de https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Somarriba, E., and Lachenaud, P. (2013). Successional cocoa agroforests of the Amazon-Orinoco-Guiana shield. For. Trees Livelihoods 22, 51–59.
doi: 10.1080/14728028.2013.770316

UPOV (International union for the protection of new varieties of plants). 2011. Cacao UPOV Code: THEOB_CAC Theobroma cacao L. 29 p.

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN EN ARBOLES INDIVIDUALES DE *Pinus hartwegii* LINDL A TRAVÉS DE LIDAR

Enrique Buendía-Rodríguez^{1*}, Jonathan Hernández-Ramos², Fabián Islas-Gutiérrez¹, Eulogio Flores-Ayala¹, Tomás Pineda-Ojeda¹, Vidal Guerra-De-la-Cruz¹ y Andrés Flores³

Resumen

En las últimas décadas, la evaluación de los recursos forestales mediante el uso de los sensores remotos activos de alta resolución (LiDAR) permiten una mayor precisión y un menor sesgo al combinarlos con datos de campo en las mediciones de volumen o la biomasa por rodal. No obstante, dicha modelación requiere un proceso de validación que permita decidir si un modelo es apropiado para su uso en ciertas condiciones. El objetivo fue generar una ecuación que estime volumen en arboles de *Pinus hartwegii* Lindl, a través el uso de información LiDAR. Se seleccionaron 84 árboles, 59 para ajustar el modelo y los 25 restantes fueron para la validación, distribuidos en el área, ubicándolos espacialmente con GPS. A cada árbol se le registró el nombre común, diámetro normal (DN, cm), diámetro de la copa (DC, m), altura total (AT, m) y altura de fuste limpio (Afl, m). Los datos LiDAR aerotransportado se tomaron con un sensor laser Leica ALS60 con un registro de 8 puntos/m² y se procesaron mediante el software FUSION®/LDV®. Los modelos se ajustaron mediante la técnica de mínimos cuadrados ordinarios y se validaron mediante la prueba de *t-student* para dos muestras individuales, además, se complementó con una validación por simulación *bootstrapping*. Los resultados del ajuste indican que el mejor modelo fue el integrado por ATLiDAR con un modelo potencial con una $R^2 = 0.8126$. Los resultados de validación con un nuevo grupo de datos muestran que con la prueba de *t-student* para muestras

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Valle de México

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Bajío

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID - COMEF)

*Autor de correspondencia: buendia.enrique@inifap.gob.mx

independientes no se encuentran diferencias significativas entre las medias evaluadas con una $t = 0.184$ y una $\alpha = 0.855$. la simulación de *bootstrapping* confirma que no existe diferencias significativas con un $\alpha = 0.839$ (se acepta H_0), Sesgo de -0.012744 y un error estándar de 0.6689 . El modelo generado y validado se considera aceptable para la estimación de volumen de *P. hartwegii* con datos LiDAR con una confiabilidad de 81.26% .

Palabras clave: bootstrapping, ecuación alométrico, método no destructivo, *t-student* test, validación.

Introducción

El manejo forestal con fines maderables requiere mediciones precisas de los atributos o variables de los árboles para tener estimaciones confiables que faciliten una adecuada toma de decisiones. Entre las variables más importantes que se miden en los inventarios forestales están la altura total y el diámetro normal (a 1.3 m) de los individuos arbóreos, las cuales son básicas para estimar los volúmenes de madera o biomasa (Xionweng y Brockway, 2017); también son esenciales para estudios de crecimiento y rendimiento de árboles individuales, por lo que su utilidad es reconocida en la ejecución del manejo técnico (Peng et al., 2001; Osman et al., 2013).

Sin embargo, la medición en campo de la altura total de los árboles en pie, a diferencia del diámetro normal, implica dificultades prácticas que incrementan los tiempos y costos del inventario (Trincado y Leal, 2006; Sharma, 2009). Además, su medición está propensa a errores, en particular en bosques con sotobosques densos o donde coexisten árboles de distintas edades, especies, tamaños, vigor o clases de copa (Temesgen et al., 2014; Arnoni et al., 2016). Por lo que se requiere de relaciones alométricas que nos ayuden a estimar esas variables para realizar un adecuado manejo forestal (Guerra et al., 2019).

Las relaciones alométricas son una herramienta cuantitativa confiable que contribuyen a disminuir el tiempo y los recursos utilizados en el levantamiento de la información de campo para los inventarios forestales (Prodan et al., 1997).

En las últimas décadas, la evaluación de los recursos forestales mediante el uso de técnicas de geomática ha sido fundamental en la toma de decisiones en la política nacional sobre la conservación, manejo y recuperación de los recursos forestales (CONAFOR, 2012). En particular, los sensores remotos activos de alta resolución permiten una mayor precisión y un menor sesgo al combinarlos con datos de campo en las mediciones de variables de interés como el volumen o la biomasa por rodal.

Aunque, tradicionalmente se sigue realizando las mediciones en campo, en las últimas décadas, surge una alternativa utilizando sensores remotos activos de alta resolución (Sensores LiDAR) que permiten una mayor precisión y un menor sesgo al combinarlos con datos de campo en las mediciones de variables de interés como el volumen o la biomasa. Los sensores LiDAR (*Light Detection and Ranging*) han dado la posibilidad de calcular la posición de puntos en el espacio de una forma masiva a través de equipos laser y han sido capaces de generar un mayor desarrollo en la captura y procesamiento de datos espaciales, por ejemplo, la representación tridimensional de la vegetación (Islas *et al.*, 2018).

A pesar de que los datos LiDAR son relativamente fácil de obtener, los conocimientos y técnicas para su procesamiento en estudios del sector forestal de México, no están lo suficientemente desarrollados y se requiere de metodologías que se adapten a las diversas condiciones de los bosques de nuestro país. Existen principalmente dos formas de procesar la información LiDAR para la estimación de variables dasométricas, una a nivel rodal de las variables alométricas en forma de mapa, y dos, a nivel de árboles individuales, que se basa en la localización, medición de copas, registro de alturas y algunos otros parámetros para cada árbol, los cual es similar a las mediciones realizadas en los inventarios forestales tradicionales, pero con la ventaja de reducir considerablemente el trabajo de campo especialmente en zonas de difícil acceso (Buendia, 2017).

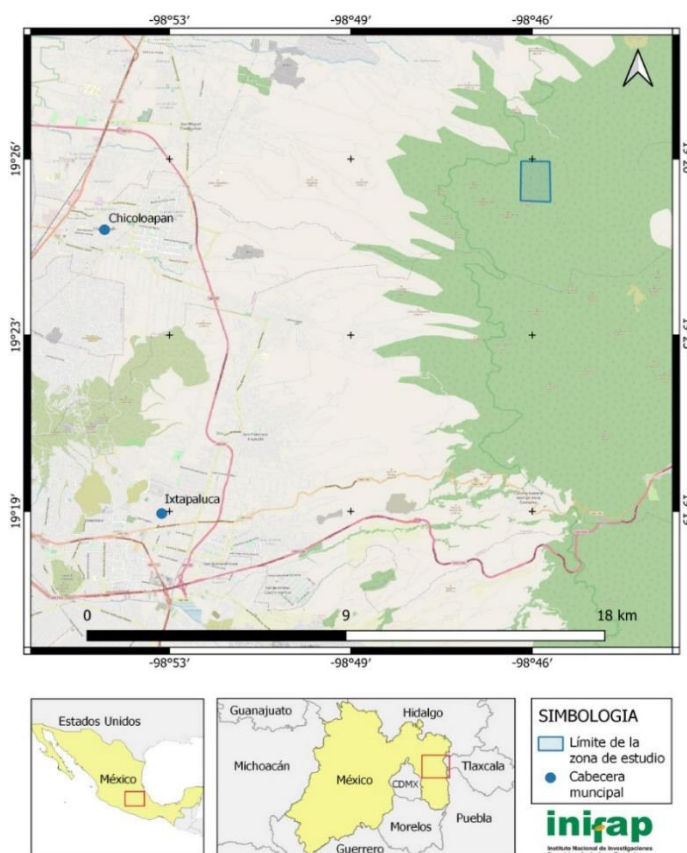
Además, dicha modelación requiere un proceso de validación en otros datos provenientes de diferentes poblaciones, que permitan decidir si un modelo es apropiado para su uso en ciertas condiciones. Para la validación se utilizan diferentes técnicas, como son la comparación de

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.



A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

Para el cálculo de volumen se utilizó la siguiente ecuación alométrica generada por el Instituto Tecnológico “El Salto” (ITES, 2016) en un estudio previo para la misma especie.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green cocoa field with rows of trees. The third image shows a person in a white shirt and dark pants harvesting cocoa pods from a tree. The bottom image shows a group of people in a field, some standing and some kneeling, working with cocoa pods.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Resultados y Discusión

Los resultados del ajuste indican que el mejor modelo fue el integrado por *ATLiDAR* con un modelo potencial con una $R^2 = 0.8126$, en la cual los parámetros fueron significativos con una $p = 0.05$ y presentó un menor RCME (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticos de ajuste de los modelos para estimar volumen para *Pinus hartwegii* Lindl. en el oriente del Valle de México.

Variable	Parámetro	Estimación	R^2	RCME	SCT
Altura total LiDAR (<i>ATLiDAR</i>)	α	0.00319679	0.8126	1.3852	297.83
	β	2.20964868			
Diámetro de Copa LiDAR (<i>DCLiDAR</i>)	α	0.05614811	0.7653	1.8742	336.89
	β	1.85601766			
Altura del Fuste Limpio LiDAR (<i>AFLLiDAR</i>)	α	0.29974452	0.5490	3.6408	297.83
	β	1.01906172			

donde: R^2 = Coeficiente de determinación, RCME = Raíz del Cuadrado Medio del Error y SCT = Suma de Cuadrados Totales

Al verificar la dispersión de las estimaciones en el *VollLiDAR* con respecto a la *ATLiDAR*, la forma es congruente con la tendencia general del volumen de los árboles, ya que aumenta el volumen a medida que se incrementa la altura total. En el intervalo de alturas de 20 a 30 m es donde se presenta una mayor variabilidad de comportamiento del volumen en la especie (Figura 2a).

Para el cumplimiento de los supuestos de regresión, la evaluación grafica muestra una distribución en los residuos sin tendencia definida, lo que confirma el cumplimiento de los supuestos en lo referente a homocedasticidad y normalidad de los residuales (Figura 2b).

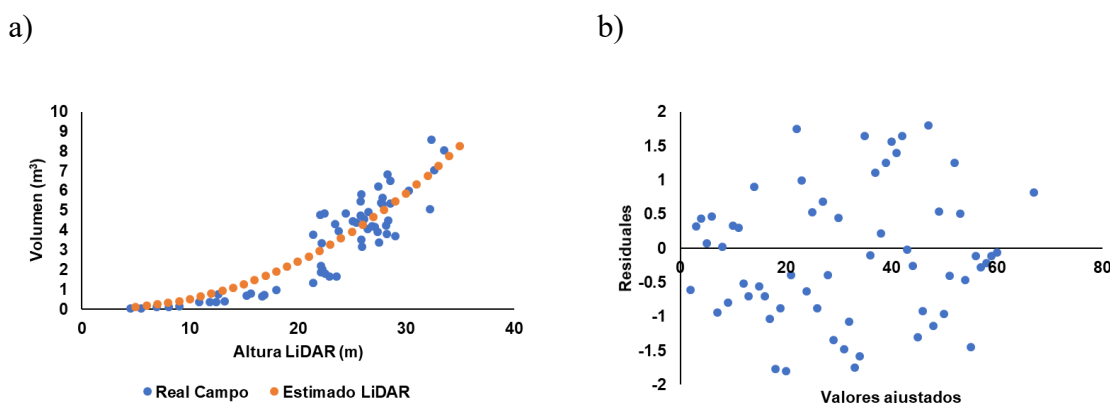


Figura 2. Estimación de Volumen en arboles individuales de *Pinus hartwegii* en el oriente del Valle de México, México. a) Curva ajustada con el modelo de regresión, y b) Distribución de residuales.

Con base en estos resultados el modelo generado se considera suficientemente robusto y confiable para la estimación de volumen de *P. hartwegii* con datos LiDAR y queda de la siguiente manera:

$$VolLiDAR = 0.00319679 * ATLiDAR^{2.20964868}$$

donde: $VolLiDAR$ = Volumen estimado en LiDAR (m^3) y $ATLiDAR$ = Altura total medida en LiDAR (m).

Los resultados de validación muestran que el modelo utilizando valores de altura medida en LiDAR con un nuevo grupo de datos, presentó un coeficiente de determinación de 0.8126 y un RCME de 1.5353, valores similares a los obtenidos por Buendía-Rodríguez *et al.* (2022). Por lo que, cumple con lo expresado por diferentes autores quienes plantean que en este tipo de estudios el modelo es satisfactorio cuando el valor del coeficiente es >0.8 (Quiñonez *et al.*, 2012).

Al verificar la dispersión de datos provenientes del volumen estimado con LiDAR, la forma es congruente con la tendencia general del volumen de los árboles, aunque un poco sobre estimados que los volúmenes calculados de forma tradicional (en campo) (Figura 3a), esto

es

debido a que las alturas medidas en campo tienen un error de 1-2 m dependiendo de las condiciones del arbolado y del personal técnico encargado de la actividad, mientras que, las alturas medidas con LiDAR son exactas. Aun así, los resultados de la prueba de *t-student* para muestras independientes indican que no se encuentran diferencias significativas (se acepta H_0) entre las medias evaluadas con una $t = 0.184$ y una $\alpha = 0.855$ (Figura 3b).

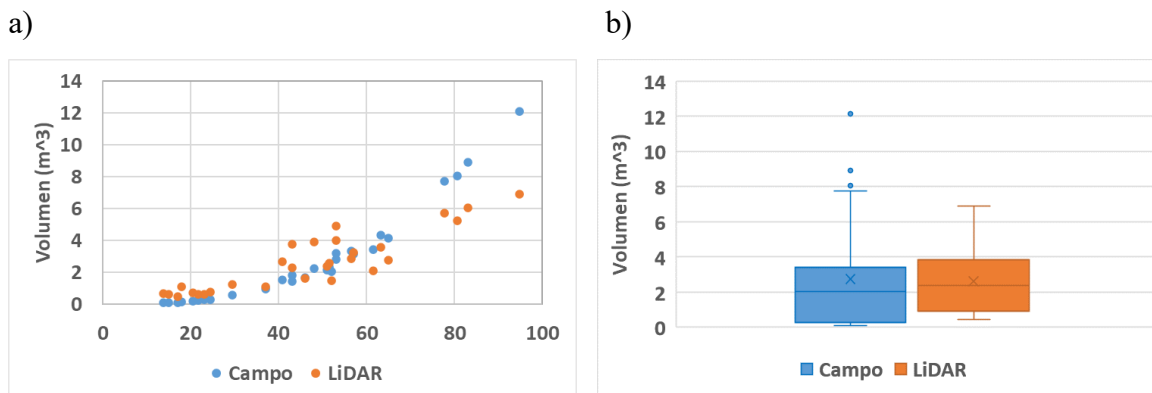


Figura 3. Estimación de volumen en *Pinus hartwegii* en el oriente del Valle de México, México. a) Distribución de volumen estimado, y b) Comparación de medias.

Además, como resultado de la simulación de *bootstrapping* confirma que no existe diferencias significativas con un $\alpha = 0.839$ (se acepta H_0), Sesgo de -0.012744 y un error estándar de 0.6689.

Existen varios estudios con mediciones continuas como zonas o franjas (no con árboles individuales) como los generados por Galeote-Leyva et al. (2022), obtuvieron $R^2 = 0.61$ y 0.71 , estimando volumen en franjas por medio de LiDAR y modelos aditivos generalizados y random forest, son más bajos que los obtenidos en este estudio en arboles individuales. También, Ordoñez-Prado (2024) realizó un estudio similar en un bosque templado, obteniendo valores de $R^2 = 0.8813$, y que realizaron estudios en bosque de *Pinus sylvestris* L. obteniendo valores de $R^2 = 0.92$ en el ajuste de los modelos y $R^2 = 0.91$ para la validación, que fueron apenas superiores a los obtenidos ($R^2 = 0.8126$).

Aunque los procesos como se realizó la estimación del volumen fueron diferentes a los estudios antes mencionados, los resultados son similares con $R^2 > 0.8$ que autores como Quiñonez et al. (2012) los consideran aceptables para este tipo de estudios.

Conclusiones

El modelo generado se considera aceptable para la estimación de volumen de *P. hartwegii* con datos LiDAR, y se muestra la utilidad de la información LiDAR en la generación de modelos para estimar volumen con una confiabilidad de 81.26 %, en la región oriente del Valle de México. Además, en el proceso de validación se confirma que el modelo es suficientemente robusto y confiable.

Agradecimientos

Al INIFAP por el financiamiento de la ficha tecnológica: "Modelo para estimar volumen en árboles individuales de *Pinus hartwegii* Lindl., a través de datos LiDAR"

Literatura citada

Arnoni, C. E., T. Schroder and C. A. Guimarães. 2016. Height-diameter relationships for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in Southern Brazil. CERNE 22(4): 493-500.

Buendía, R. E. 2017. Modelación geoespacial para el estudio de servicios ambientales en ecosistemas forestales templados. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León – Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L. 96 p.

Buendía-Rodríguez, E., J. Hernández-Ramos, F. Islas-Gutiérrez, E. Flores-Ayala, T. Pineda-Ojeda, V. Guerra D. 2022. Estimación de volumen total en árboles individuales de *Pinus hartwegii* LINDL a través de datos LiDAR. XII Reunión Nacional de Investigación Forestal. Memoria. Tabasco, 9-12 de noviembre de 2022. 91-93 pp.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Quinta Edi). México D. F.: Instituto de Geografía - UNAM.

<http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>

Galeote-Leyva, B, J. R. Valdez-Lazalde, G. Ángeles-Pérez, H. M. de los Santos-Posadas y J. M. Romero-Padilla. 2022. Inventario forestal asistido por LIDAR: efecto de la densidad de retornos y el diseño de muestreo sobre la precisión. *Madera y Bosques*, 28(2): e2822330

Guerra-De-la-Cruz, V, F. Islas-Gutiérrez, E. Flores-Ayala, M. Acosta-Mireles, E. Buendía-Rodríguez, F. Carrillo-Anzures, J. C. Tamarit-Urías y T. Pineda-Ojeda. 2019. Modelos locales altura-diámetro para *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus teocote* Schiede ex Schldtl. en Nanacamilpa, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51):133-156. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.407>

IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Instituto Tecnológico El Salto (ITES). 2016. Sistema biométrico para la planeación el manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México. *Pinus hartwegii* Lindl. Clave género INFyS 741. Clave especie.

Islas G. F., Guerra D. V., Flores A. E., Buendía R. E., Pineda O. T., Acosta M. M. y F. Carrillo A. 2018. Modelado espacial de la cobertura de copa de árboles con tecnología LÍDAR. Folleto técnico 13. CEVAMEX-INIFAP. 43p.

McGaughey, R. J. 2018. FUSION/LDV: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization. United States Department of Agriculture, Forest Service, Estados Unidos.

Ordoñez-Prado, C. 2024. Generación de inventarios forestales maderables, biomasa y carbono, mediante el uso de la geomática de sensores remotos transportados en plataformas RPAS. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México, México. 124p

Osman, E. M. H., E. Z. A. Idris and E. M. M. Ibrahim. 2013. Modelling height-diameter relationships of selected economically important natural forest species. *Journal of Forest Products and Industries* 2(1): 34-42.

Peng, C., L. Zhang and J. Liu. 2001. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests. Northern Journal Applied Forestry 18 (3):87-94.

Prodan, M., R. Peters, F. Cox, y P. Real. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación de Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)/BMZ/GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 586 p.

Quiñónez B., G., F. Cruz C., B. Vargas L. y F. J. Hernández. 2012. Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 3(9): 23-39. DOI: 10.29298/rmcf.v3i9.535.

Schomaker, M. y C. Heumann. 2014. Model selection and model averaging after multiple imputation. Computational Statistics & Data Analysis, 71: 758-770.

Sánchez Alberola, J., Oliver, P., Estornell, J., Dopazo, C. 2018. Estimación de variables forestales de *Pinus Sylvestris* L. en el contexto de un inventario forestal aplicando tecnología LiDAR aeroportada, GeoFocus, 21:79-99. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.509>

Temesgen, H., C. H. Zhang and X. Zhao H. 2014. Modelling tree height-diameter relationships in multi-species and multi-layered forests: A large observational study from Northeast China. Forest Ecology and Management 316: 78-89.

Trincado, G. y C. Leal D. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). Bosque 27(1):23-34. DOI: 10.4067/S0717-92002006000100003

Xiongwen, C. and D. G. Brockway. 2017. Height-diameter relationships in longleaf pine and four swamp tree species. Journal of Plant Studies 6(2): 94-101.

Zar, J. H. 2010. Biostatistical analysis (5th ed.). Prentice Hall. New Jersey. 944 p

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL

SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA DE UN GRUPO DE PRODUCTORES EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO

Lorenzo Granados Zurita^{1*}, Erika Belém Castillo Linares¹, Isabel Cristina Acosta Balcazar², Marco Antonio Pérez Cacep³, Jorge Quiroz Valiente¹, Manuel Barrón Arredondo¹ y Carlos Manuel Hernández Zepeda³

Resumen

Se realizó un diagnóstico para caracterizar el sistema de producción de bovinos doble propósito de un grupo de productores para participar en la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT) en leche, en Huimanguillo, Tabasco. Se encuestaron 23 unidades de producción pecuarias (UPP) inscritas en la asociación ganadera local de Huimanguillo. La colonia donde se realizó la encuesta fue en Francisco Martínez Gaytán, la selección de los entrevistados fue mediante un muestreo no aleatorio. Para recabar la información se utilizó un cuestionario estructurado, dividido en 3 módulos: 1) Información general de la UPP, 2) Características e inventarios de la UPP y 3) Prácticas de manejo y componentes tecnológicos de la UPP. Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva: medias aritméticas y porcentajes. Los resultados mostraron que la edad promedio de los productores fue de 45 años para el caso de las mujeres, y 50 años en hombres. El nivel de estudios fue en promedio de 12 años, equivalentes a un nivel de secundaria; 65 % son pequeños propietarios, con un promedio de 47 ha, y los colonos representan 35 %. La genética de los hatos está formada por cruza, principalmente Cebú x suizo, Cebú x Holandés y Sardo Negro (80 %), el ingreso de la UPP es por venta de leche para el 90% de los productores encuestados, con una producción promedio por vaca de 4.5 L día⁻¹, el precio de venta promedio del litro de leche fue de USA \$0.50. El 71 % de los productores realiza la comercialización de ganado a intermediarios y el 90% entregan leche en el centro de acopio. En las UPP se llevan a cabo

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Huimanguillo. ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. ³ Consultor independiente. *Autor por correspondencia: lgranadosz@hotmail.com

prácticas agronómicas inadecuadas en el manejo de la pradera con cambios de potrero sin considerar la asignación de forrajes y una carga animal de 1.0 unidades animales ha⁻¹; tienen deficiencias con respecto al manejo sanitario del ganado; aplicando solo bacterinas y desparasitando, y en general hay ausencia de buenas prácticas de higiene durante el ordeño.

Palabras clave: Diagnóstico, bovinos doble propósito, trópico húmedo

Introducción

En el trópico la principal fuente de nutrientes y la estrategia de alimentación de menor costo para el ganado bovino, son los pastos y forrajes (Romero y Rivas, 2016). De su consumo depende en gran medida que el ganado logre adquirir los nutrientes esenciales para su desarrollo, reproducción y estructura ósea (Vargas, 2008). Debido a lo anterior, la producción de bovinos en el trópico, debe basarse en el uso eficiente de los forrajes para dar una adecuada alimentación a los animales (Granados et al., 2024).

Por un lado, la selección de las especies forrajeras a utilizar y su manejo, son aspectos esenciales para ofrecer al ganado pastos con alta calidad nutrimental, que permitan reflejar una alta eficiencia productiva; y por otro, actividades como las buenas prácticas sanitarias y el manejo reproductivo, también influyen en la mejora de dicha eficiencia (Bedolla y Ponce, 2008; Pinzón et al., 2009; Houdijk et al., 2012 y Mariscal y Moreno, 2013).

No obstante, el manejo que se les pueda dar, tanto al forraje como a los animales, depende de factores como de la disponibilidad de recursos, de las características económicas y sociales del productor, del tipo de sistema de producción del que se trate, entre otros.

Al respecto, para el estado de Tabasco, cuyo inventario en 2022 fue de 1,711,069 bovinos (SIAP, 2024), destacan tres sistemas de producción: el dedicado solo a la producción de becerros (sistema vaca-cría); el dedicado a la producción de becerros y leche (sistema doble propósito); y el dedicado solamente a la producción de leche (lechería especializada). De estos, el predominante es el sistema de producción vaca cría, pero el doble propósito, constituye una ocupación de importancia social y económica del estado.

Por lo anterior, existen diversas iniciativas orientadas a promover mejoras en esta actividad;

por

ejemplo, la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT) en leche, que busca impulsar la capacitación de los productores en diversas áreas, como higiene en la ordeña, nutrición de la vaca lechera, manejo reproductivo, crianza de becerros y manejo de forrajes, con la finalidad de elevar la productividad.

Sin embargo, es necesario contar con conocimiento sobre las condiciones en las que los productores participantes en la EAT en leche, se encuentran. Un primer acercamiento fue realizar un diagnóstico para caracterizar el sistema de producción de la ganadería de doble propósito de un grupo de productores participantes en la EAT, en Huimanguillo, Tabasco; para identificar los principales factores que limitan su producción y productividad y generar información que sirva como base para realizar una propuesta de modelo tecnológico que ayude a solucionar la problemática identificada. Este diagnóstico presenta un panorama de los principales aspectos de la ganadería de doble propósito en la colonia Francisco Martínez Gaytán en Huimanguillo, y está constituido por los siguientes apartados: 1) Información general de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP), 2) Características e inventario de la UPP y 3) Prácticas de manejo y componentes tecnológicos de la UPP.

Materiales y Métodos

Sitio de la investigación

El estudio se realizó de abril a diciembre de 2021. La localización del área de estudio corresponde a la localidad de Francisco Martínez Gaytán (Gaytán), del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Gaytán posee un suelo ácido cubierto de vegetación natural y llanuras con devastación forestal. Además, se indica un uso pecuario, forestal y otros usos relacionados con la cubierta vegetal. El clima es trópico húmedo con temperaturas extremas en sequía, abundantes lluvias y nortes (INEGI, 2017).

Criterios para muestreo

Se realizó un muestreo no aleatorio de 23 unidades de producción pecuarias (UPP) inscritas en la asociación ganadera local de Huimanguillo, Tabasco (AGLH), pertenecientes a la localidad de Gaytán, participantes en la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT) en

leche. La selección de las UPP se realizó considerando dos criterios: pertenencia a la EAT bovinos de doble propósito y localización geográfica. Se tomó como base el padrón de productores inscritos en la AGLH, y se seleccionaron UPP de productores cooperantes.

Procedimiento para la toma de datos

Para recabar la información, se utilizó un cuestionario estructurado, diseñado por la EAT. El cuestionario estaba dividido en 3 módulos: 1) Información general de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP), 2) Características e inventarios de la UPP y 3) Prácticas de manejo y componentes tecnológicos de la UPP.

Las variables de estudio se clasificaron en demográficas, tecnológicas y de comercialización, lo cual permitió contar con variables categóricas y numéricas.

Para el levantamiento de la información se capacitó a técnicos de la EAT. El llenado de las encuestas se realizó en función de las actividades de cada uno de los tres módulos, que realizaba el productor al que se le aplicó la encuesta. Las encuestas se aplicaron durante junio de 2021.

Variables numéricas y categóricas

Las variables numéricas utilizadas para los productores y las UPP fueron: edad del productor (años), nivel de escolaridad (años), superficie de la UPP (ha), tamaño del hato, total de vacas en producción, producción diaria de leche (L), precio de la leche (\$/L), ingreso por la venta de leche (%).

Las variables categóricas incluyeron el tipo de tenencia de la tierra, posesión de tierras adicionales para pastoreo, pertenencia a asociaciones, otras actividades agropecuarias, tipo de ordeña, suplementación alimenticia, tipo de suplementación, principales enfermedades, campañas de vacunación utilizadas, percepción de época de escasez de forraje, actividades para el manejo de praderas, época de pariciones, destino de comercialización de la leche, destino de comercialización de becerros, y problemática para la comercialización de productos.

Análisis de datos

Para el análisis de la información se utilizaron las bases de datos en Excel, proporcionadas por la EAT una vez que la captura de información había concluido y una vez que se tenía la

La superficie total de los 23 productores ganaderos que proporcionaron información es de 800 ha, con un promedio de 47 ha. Cabe señalar que la superficie de las UPP por productor es variable.

e) Tierras adicionales para pastoreo

El 25 % de los productores encuestados refirió que tiene una superficie, que va desde las 9 a las 100 ha, de 41 ha en promedio. En particular, aquéllos productores con más de 80 cabezas de ganado (22 %). El 100% de la superficie de las UPP dedicadas a la ganadería, son bajo el régimen de temporal; y la agricultura es la segunda actividad en importancia para los encuestados la superficie que dedican no son mayores de cinco ha.

2. Características e inventario de las UPP

a) Tamaño y composición del hato

En cuanto al tamaño del hato, el promedio fue de 40 animales, con 20.8 vacas en producción, 10 a 150 semovientes, de las cuales se ordeña el 74.81 %, el 24.8% son hembras en su periodo seco, y se tiene un 35.71 % de becerros nacidos. En cuanto al número de crías producidas en un año, solamente un 13.2 % de los productores encuestados proporcionó información al respecto. Para este indicador, el promedio fue de 12 crías al año. Por lo que respecta al número de hembras reproductoras, el 80.5 % de los productores dio información sobre este indicador.

b) Características de la ordeña

El 94 % de los productores encuestados mencionó que realiza ordeña, no todos realizan la selección de reemplazo de ahí su limitada producción de leche. El volumen de producción de leche al día en promedio es de 80.4 L, ordeñando en promedio 354 días al año. Únicamente el 15.4 % de los ganaderos que ordeñan reportó alguna cifra de producción por día, por lo que, de acuerdo al número de vacas que reportó que ordeña, el promedio por vaca por día, es de 5.4 L, lo anterior indica la variación de manejo que existe dentro de la cuenca de la colonia en Francisco Martínez Gaytán.

3. Prácticas de manejo y componentes tecnológicos de las UPP



a) Rotación de potreros

En lo que al sistema de pastoreo se refiere, el 90 % tiene sus potreros divididos, donde solo cambian los animales sin considerar la disponibilidad de forraje que deben asignar al hato que entran al nuevo cuartel. El 9.5 % indicó que hace uso de cerco eléctrico, esta tecnología va de la mano con la intención de hacer un ajuste de peso vivo total, pero falta la asistencia técnica. El 33.33 % sí realiza ajuste de carga animal y que pasan de una unidad animal ha^{-1} a 2 UA ha^{-1} y el 66.67 % de los productores no ajustan carga animal y su presión de pastoreo es menor (Figura 1). El periodo de ocupación es de tres días y el tiempo de descanso es de 33 días, este es un manejo tradicional el cual implica pérdida de forraje y disminución en producción de leche y ganancia diaria de peso.

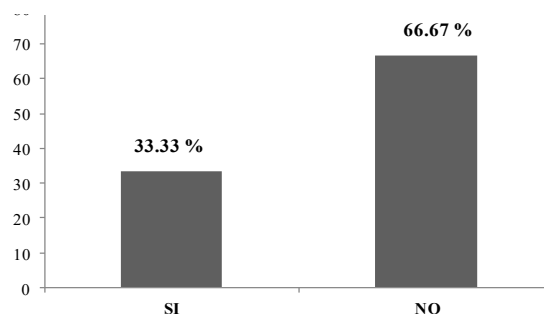


Figura 1. Productores que realizan ajuste de carga animal en sus potreros

Únicamente el 8 % hace pastoreo extensivo. Debido a que los ganaderos están poco familiarizados con las prácticas de rotación de potreros y ajuste de carga, un apoyo importante sería el uso del cerco eléctrico, con el fin de disminuir los costos de producción y administrar la disponibilidad de forraje en la pradera en todo el año, lo que permitiría incrementar la producción de crías y leche.

b) Escasez de forraje

En general, los productores refieren escasez de forraje a lo largo del año, tanto en la época de sequía como en la de lluvias, con dos picos marcados: el primero en abril y mayo, que coincide con la escasez de forraje para el trópico por el inicio de la época de sequía (Bautista et al., 2019); y el segundo pico, de octubre a enero, y la baja disponibilidad de forraje se debe a la nubosidad factor que limita el crecimiento de los forrajes, aunado a las temperatura que

son

relativamente bajas 16 a 28 grados centígrados, otro factor que afecta el crecimiento de los pastos. Solamente el 9.5 % de los encuestados manifestó no presentar escasez (Figura 2).

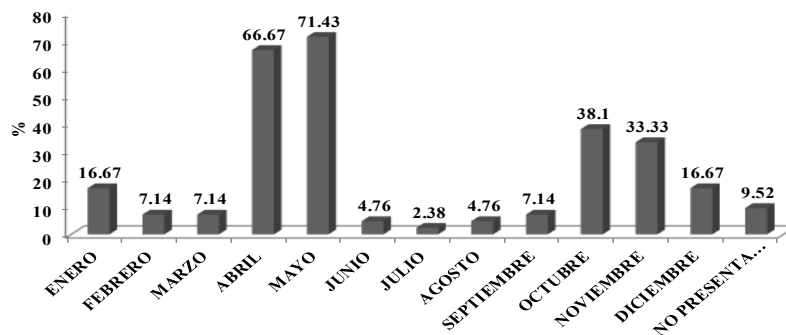


Figura 2. Meses en que se presenta la escasez de forraje

Es importante señalar que las prácticas agronómicas inadecuadas en el manejo de la pradera y de la carga animal utilizada durante el pastoreo a través de las distintas épocas climáticas del año (sequía, lluvias y nortes) pueden ocasionar un bajo porcentaje de cobertura de pasto y baja calidad nutritiva de éste para el animal, incremento de la presencia de malezas y la necesidad de utilizar una carga animal baja con respecto al potencial que puede proporcionar la pradera (Salas et al., 2013; Romero y Rivas, 2016 y Granados et al., 2024).

c) Complementación alimenticia con forrajes de corte

Debido a que la alimentación de los bovinos se basa en la disponibilidad de forraje en las praderas naturales (agostadero), la cual varía en cantidad y calidad a lo largo del año, los ganaderos deben recurrir a diversas fuentes para complementar la alimentación de los animales (Vilaboa et al., 2009 y Espinosa et al., 2015). Algunas de esas fuentes las constituyen los forrajes de corte, con los cuales cuentan únicamente el 5% de los productores encuestados. Los forrajes de corte deben seleccionarse con base en su rendimiento productivo y deben ser empleados en las épocas y estados fisiológicos de los animales identificados previamente como estratégicos o con alta demanda de nutrimentos (por ejemplo, último tercio de la gestación y primer tercio de la lactancia) y en épocas climáticas con baja disponibilidad de pasto en las praderas (sequía y nortes). En ambas situaciones, es

necesario ofrecer forrajes conservados (henificación, ensilaje) más un complemento energético-proteínico-mineral.

d) Complementación alimenticia con otros productos

Como se indica con anterioridad, la alimentación del hato de las UPP encuestadas se basa principalmente

en praderas naturales (88.1 %), un 64.29 % recurre a la sal mineral, un 64.29 % a las vitaminas, 57.14 % a los concentrados, y solo 9.52% cuenta con praderas cultivadas (Figura 3). Además, para asignar el alimento, los productores dijeron priorizar a los animales de acuerdo con su etapa productiva, manifestando el 36 % de ellos, que lo proporcionan a las hembras en producción, 12% a los animales en predestete, 11% a las crías, 12 % a vaquillas, 10 % a hembras secas, 9% a las novillonas, 6% a sementales previos al empadre, y 4 % a sementales en empadre. Cabe señalar la importancia de este aspecto, ya que bajos índices reproductivos pueden ser consecuencia de factores como la estacionalidad forrajera, una baja calidad química de los forrajes y la ausencia de complementación energética-proteínica-mineral estratégica.

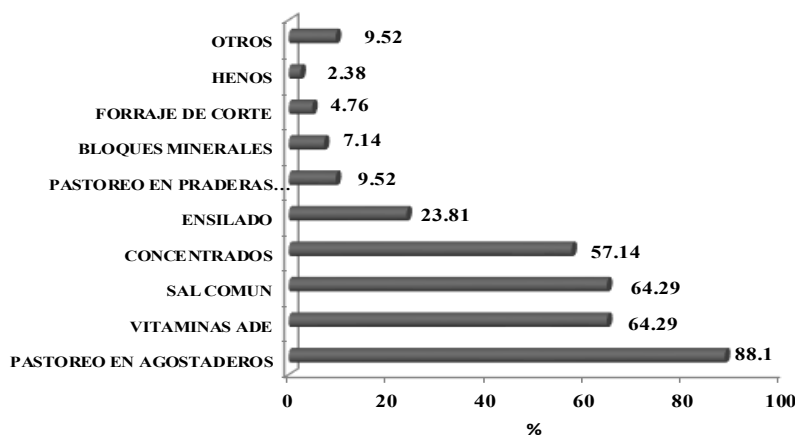


Figura 3. Productores que proporcionan complementación alimenticia al ganado

e) Parámetros productivos y reproductivos

Porcentaje de pariciones. Este indicador, refleja baja eficiencia reproductiva en los hatos de las UPP estudiadas, pues en promedio, los productores ganaderos entrevistados,

expresaron tener un porcentaje de hembras paridas del 50.1 %. La mayor cantidad de partos se presentan de marzo a mayo (Figura 4), lo que indica que las crías nacen en un momento adecuado para su desarrollo y crecimiento, además la vaca las sustenta con la leche. El mes en que se reportan menos nacencias es enero, caracterizado por la época de nortes, la cual puede afectar la salud de los animales debido a las bajas temperaturas y humedad del medio ambiente. Por otro lado, la distribución de crías a lo largo del año se puede asociar con beneficios en la economía de los productores porque todo el año habrá leche.

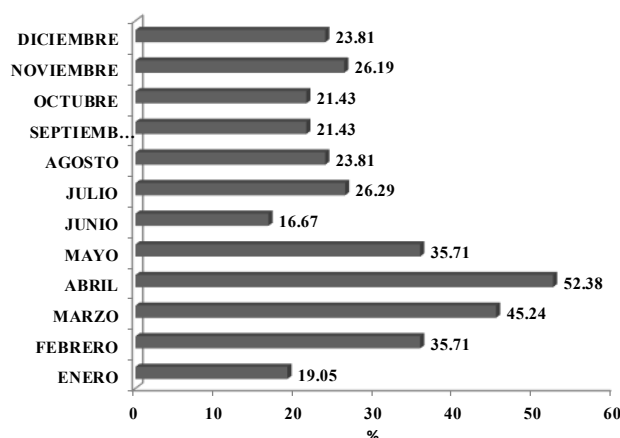


Figura 4. Porcentaje de partos durante el año que reportan los productores

Reposición del ganado. De acuerdo con la información que proporcionaron los responsables de las UPP, la vida útil promedio de una vaca, es decir, el período entre la edad al primer parto y la edad de desecho, es de 120 meses.

d) Manejo sanitario del ganado

Enfermedades. El 70.7 % de los productores encuestados afirmó que participa en alguna campaña zoonosanitaria, Entre las campañas zoonosanitarias que refirieron los productores destacan: tuberculosis bovina (el 100 % de los encuestados), rabia paralítica (52.3 %), garrapata (41.4 %), y brucelosis (86.2 %). De acuerdo con la opinión de los productores, es necesario reforzar el control de la garrapata.

Vacunación. Se encontró que el 60.61 % de los productores sí tiene uno o más manejo de la vacunación todo es empírico. El 48.61 % mencionó que vacuna a su ganado contra la neumonía, el 40% recurre a la vacuna doble; el 64.52 % aplica la vacuna triple; el 54.84 %

aplica vacuna contra clostridiasis (8 vías o más); el 74.19 % vacuna contra derrengue (rabia paralítica); y finalmente un 10.13 % vacuna contra leptospira. En la región donde se realizó el estudio, no existe un programa de vacunación acorde a los problemas zoonosarios presentes. El programa de vacunación tiene relación estrecha con los productos biológicos que ofrecen los representantes de empresas comercializadoras de vacunas.

e) Manejo sanitario durante la ordeña

El manejo de la ordeña está encaminado a producir leche de buena calidad fisicoquímica y sanitaria. Este aspecto básicamente está asociado con la higiene, y únicamente el 63.2 % de los productores dijo realizar el lavado de ubre y pezones. Lo anterior indica que se deben realizar cursos de capacitación sobre el manejo sanitario de la ordeña, así como la implementación de las pruebas de mastitis. Aunque para realizar estas actividades el productor deberá adquirir algunos insumos como toallas sanitarias de papel, sustancias desinfectantes para el lavado y selladores. Neira y de Silvestri (2006) mencionan que para obtener una mayor producción de leche y de buena calidad, las unidades de producción deben implementar una rutina de ordeño, ya sea la ordeña manual o mecánica, que cumpla con las reglas.

f) Comercialización de leche

La producción de leche obtenida por los labriegos, de acuerdo con la información proporcionada, en promedio es de 24,332 L anuales; de los cuales, 70 L/año son destinados para el autoconsumo de la UPP y el resto para la comercialización, ya sea a la industria o a los queseros de la región. Con relación a los compradores del producto, las respuestas arrojaron que, un 80 % venden el producto a queserías de la región y un 20 % a la industria lechera. En cuanto a la época de venta, el 100 % de los ganaderos encuestados refirió que comercializan leche durante todo el año. Y en cuanto al precio que reciben por el producto, el promedio es de USA \$0.50/L.

g) Comercialización de ganado en pie

El problema de la comercialización radica básicamente en la falta de organización para vender lotes de becerros. Generalmente se venden a acopiadores y cada ganadero lo hace de manera individual, por lo que no reciben un precio adecuado. Con relación a la época de

venta, el 57 % de los ganaderos encuestados manifestó que vende sus animales entre marzo y agosto; y el resto, los comercializa a lo largo del año. La mayoría lo hace durante el periodo de escasez de pastura. Será necesario apoyar con capacitación en el manejo de la pradera y en el uso de forrajes de auxilio como ensilado y heno, así como estrategia de ventas.

h) Productos que generan ingresos para la UPP

En la Figura 5 se aprecia que un 28 % de los ganaderos de Gaytán vende becerros destetados, El % desecho por diversas razones (improductivos, edad, accidentes, necesidad del económica del ganadero, etc.), equivale al 18%; y la principal actividad de comercialización, la genera la venta de leche, con un 90 %.

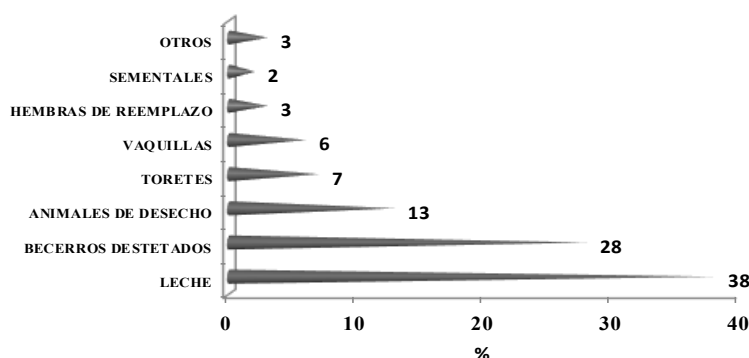


Figura 5. Productores que vendieron sus productos generados el año pasado

Los indicadores productivos de la actividad ganadera de la EAT Huimanguillo ilustran los problemas más relevantes de este segmento de productores. Al respecto, las UPP estudiadas llevan a cabo prácticas agronómicas inadecuadas en el manejo de la pradera y de la carga animal utilizada durante el pastoreo, que conllevan a una explotación inadecuada de los recursos forrajeros.

También tienen deficiencias con respecto al manejo sanitario del ganado y en general, ausencia de buenas prácticas de higiene durante el ordeño, manejo y conservación de la leche, lo cual demerita la calidad del producto y, en consecuencia, su precio. En cuanto a la comercialización, ésta se caracteriza por la presencia de intermediarios, originada en gran parte por falta de organización de los productores que, por lo general, no cuentan con infraestructura adecuada para la venta de sus productos, ni con conocimiento del mercado.

No obstante lo anterior, existe un alto potencial de desarrollo en el mediano y largo plazo para los productores que integran esta EAT, debido al bajo costo que representa la alimentación del ganado en el sistema de doble propósito, basada en una dieta alta en forraje y baja en granos y concentrados, lo cual hace más sostenible la producción con respecto a otros sistemas de producción; así como por la viabilidad de propiciar mejoras tecnológicas en los procesos productivos de las UPP, que permitan mejorar los esquemas de integración de los productores a la industria y al mercado.

Sin embargo, es necesario dirigir los esfuerzos, y especialmente la asistencia técnica, para mejorar la nutrición del ganado, el manejo sanitario de la leche, y los índices reproductivos del hato, que, en el largo plazo, se reflejen en una mayor productividad del sistema para los productores que integran la EAT.

Conclusiones

Se tienen practicas inadecuadas en el manejo del ganado en las diferentes disciplinas; genética, reproducción, nutrición, forrajes, sanidad y administración. Por lo que se requiere un programa de asistencia técnica con un programa integral de las diferentes disciplinas, zootécnica y contrastar los resultados del diagnóstico con la respuesta de la asistencia técnica

Literatura citada

Bautista M. Y., J. G. Herrera H., J. A. Espinosa G., F. E. Martínez C., H. Vaquera H., A. Morales. et al. 2019. Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. Inform. Téc. Económ. Agrar. 115(2), 134–148.

Bedolla, C. y M. Ponce L. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. RedVet. 9(4), 1–26.

Espinosa, J., S. Góngora, A. García, F. Cervantes, G. Moctezuma, M. Mancilla. et al. 2015. Aspectos socioeconómicos de la ganadería bovina tropical. In Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO), Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. Primera ed. pp. 230–250.

Granados Z. L., J. Quiroz V., I. C. Acosta B., M. Barrón A. L. D. Granados R. y J. D. Guiot G. 2024. Crecimiento de becerras en pastoreo de dos especies de *Urochloa* en tres épocas del año. AICA 19, 1–5.

Houdijk, J. G. M., I. Kyriazakis, A. Kidane and & S. Athanasiadou. 2012. Manipulating small ruminant parasite epidemiology through the combination of nutritional strategies. Vet. Parasit. 186(1–2), 38–50.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. In <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825095123>. Consultado el 15 de marzo del 2023.

Mariscal, P. y J. Moreno. 2013. Prevalencia de *Haematobia irritans* (Linnaeus 1758) (Díptera: Muscidae) en bovinos de la Provincia Cercado, Beni. Agrociencias Amazonía, 1(1), 31–42.

Neira, B. E. y J. A. de Silvestri S. 2006. Análisis del proceso de ordeño y de la calidad higiénica de la leche utilizada en la fabricación del queso Paipa en el municipio de Paipa (Boyacá), Colombia. Rev. Invest. 6(2), 163–170.

Noyola, V. O., D. Rivera P., V. Arroniz J. P. M. Dávila J. y T. Hernández G. 2011. Caracterización por grupos tecnológicos de los hatos ganaderos doble propósito en el municipio de Las Choapas, Veracruz, México. *RevicyhLUZ*. 21(1), 57–63.

Pinzón, T. A., F. C. Moreno V. y G. Rodríguez M. 2009. Efectos de la mastitis subclínica en algunos hatos de la cuenca lechera del Alto Chicamocha (departamento de Boyacá). Rev. Med. Vet. 17, 23–35.

Romero, E. y J. Rivas. 2016. Comportamiento del pasto *Brachiaria* híbrido Cayman en vacunos de carne postdestete en los llanos centro occidentales de Venezuela. <https://guiagronicaragua.com/wp-content/uploads/2017/08/Articulo-Pasto-Cayman-Guanarito-Venezuela-2016.pdf> 319–323.

Salas, G. J. M., J. A. Rodríguez L., L. M. Sagarnaga V. y M. J. Zavala P. 2013. Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. Rev. Mex. Cienc. Pec. 4(2), 243–254.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2024. Producción ganadera. Población Ganadera. https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/. Consultado el 19 de mayo del 2024.

Vargas, J. E. 2008. Desarrollo de un modelo de simulación de la cadena de la carne bovina. Tecnología En Marcha, 22(1), 4–14.

Vilaboa A. J., P. Díaz R., O. Ruiz R., D. E. Platas R., S. González M. y F. Juárez L. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. Tropic. Subtropic. Agroecos. 10(1):53-62.

**ESCUELAS CAMPELINAS: ESTRATEGIA PARA TRANSITAR DE UNA
AGRICULTURA CONVENCIONAL A UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN
EL ESTADO DE VERACRUZ**

Patricia Córdoba Carballo¹, Arturo Hernández del Ángel¹, Rafael Arias de León¹ y Jorge Martínez Herrera^{1*}

Resumen

El Gobierno del Estado de Veracruz, a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA), ha alineado sus esfuerzos al Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024. En la Fracción II, "Política Económica", se establece el objetivo de promover una política agropecuaria enfocada en la producción sostenible para garantizar la seguridad alimentaria. Para ello, se impulsó la competitividad en los sectores agrícola, ganadero, rural y pesquero, con el propósito de aumentar la cantidad y calidad de los productos veracruzanos, asegurando su sostenibilidad. En este marco, se desarrolló el Proyecto “Capacitación y Asesoría Técnica a Productores(as) Agrícolas” (Extensionismo), dentro del Programa “Fomento a la Producción Agrícola para la Suficiencia Alimentaria”. El extensionismo rural en México ha retomado relevancia en las agendas gubernamentales y de investigación debido a su papel clave en la lucha contra la pobreza rural, la desigualdad y la inseguridad alimentaria. Este se basa en la transferencia de tecnologías y conocimientos a pequeños productores, con el objetivo de aumentar la productividad y los ingresos, promoviendo así el desarrollo rural.

El extensionismo se concibe como un instrumento de política pública para el desarrollo agrícola y rural. Su enfoque educativo no formal y de transferencia de conocimientos permite que los agricultores adopten nuevas tecnologías y prácticas sostenibles. Para cumplir con los objetivos del proyecto, se integraron 500 extensionistas en 208 de los 212 municipios de Veracruz, atendiendo a 29,360 productores organizados en 1,468 Escuelas Campesinas (ECA's), con prioridad en localidades de alta marginación. Este proyecto, iniciado en 2021

¹Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca, Salvador Díaz Mirón No. 33, Col. Centro, Xalapa, Ver. C.P. 91000. Email: jmartin62@hotmail.com

ha enfocado sus objetivos principalmente en la capacitación en elaboración y aplicación de bioinsumos sólidos y líquidos para la nutrición de la planta y el suelo, control de plagas y enfermedades y control de arvenses, dejando de utilizar completamente el glifosato, lo cual ha repercutido en la salud de los productores, sus familiares y consumidores de sus productos; enfocados hacia una transición agroecológica, además de la integración y cohesión social de los productores, algo muy importante, es que se ha logrado darle valor agregado a sus productos mediante Mercadito Solidarios y Jornadas Técnicas Agroecológicas.

Palabras clave: SEDARPA, Transición Agroecológica, Bioinsumos, ECA's

Introducción

Actualmente, el sector agrícola sufre por los cambios climáticos, como lluvias excesivas o sequías. Esta situación afecta casi todos los productos de la canasta básica, lo que podría presionar los precios e influir en la inflación del país. Además, el bajo rendimiento resulta de la escasa adopción de nuevas tecnologías y la falta de capacitación en diversos tipos de cultivos. La mayoría de los agricultores sigue un modelo de agricultura tradicional en lugar de una agricultura tecnificada, lo que permitiría aumentar los rendimientos y reducir los costos de producción (FAO, 2024).

En México, incluyendo Veracruz, pocas tecnologías son adoptadas para maximizar los beneficios agrícolas. Esto debido, en gran medida, a la falta de conocimiento de los agricultores y a la ausencia de una cultura técnica para su aplicación en los cultivos. Los agricultores no son conscientes de las ventajas que ofrece la implementación de tecnología, capacitación y nuevos sistemas de producción, como la agricultura tecnificada.

Según el Servicio de Información Agropecuaria y Pesca (SIAP, 2021), Veracruz cuenta con un total de 1,458,504.35 ha sembradas con diversos cultivos. De estas, 699,936 ha, el 47.99 % del total, reciben capacitación y asistencia técnica a través de diferentes programas gubernamentales. En contraste, 758,567.76 ha no disponen de asesoría agrícola en campo y manejan prácticas agrícolas inadecuadas y paquetes tecnológicos no adecuados a las condiciones de las regiones productoras, lo que resulta en rendimientos bajos o por debajo de la media nacional y altos costos de producción.

En 2022, Veracruz ocupó la segunda posición a nivel nacional, solo detrás de Jalisco, con una superficie agrícola sembrada de 1,558,853 ha. Según la Infografía Agroalimentaria 2022 de Veracruz del SIAP (2022), las principales cadenas productivas de cultivos agrícolas incluyeron: Básicos (maíz, frijol y arroz), Estratégico-Industriales (caña de azúcar, café, hule, vainilla, entre otros.), Frutícolas (naranja, limón, piña, plátano, mango, manzana, ciruela e higo, entre otros), Hortícolas (jitomate, chile, chayote, acelga, lechuga, rábano, entre otros.). El volumen total de producción de ese año fue de 30,134.4 toneladas, abarcando 104 cultivos agrícolas, con un valor de producción que alcanzó los 49,458 millones de pesos. En más de 20 de los 104 cultivos registrados en el SIAP, Veracruz ocupa los primeros lugares nacionales de producción. Sin embargo, en muchos de estos cultivos, los rendimientos por unidad de superficie estuvieron por debajo de la media nacional, debido a varios factores agroclimáticos principalmente.

En la última década, varios cultivos perdieron interés debido a diversos factores, como: Altos costos de producción, derivados de los precios elevados de insumos y fertilizantes; caídas o fluctuaciones en los precios medios rurales de algunos productos; escaso acceso al financiamiento; prácticas agrícolas inadecuadas y altos riesgos climatológicos y fitosanitarios. Estos factores impidieron el crecimiento de la producción y afectaron significativamente la productividad agrícola estatal, reduciendo los ingresos de los productores. Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo principal documentar el impacto de las Escuelas Campesinas en la transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles en el estado de Veracruz.

Materials y Métodos

Para abordar las condiciones que afectan la productividad agrícola en el estado, propusimos implementar el Programa de Fomento a la Producción Agrícola para la Suficiencia Agroalimentaria, que incluye cinco componentes: C1.- Control y Mejora de la Fitosanidad e Inocuidad Agroalimentaria del Estado con Servicios de Calidad; C2. Acciones para el Fortalecimiento de la Producción de Cultivos Básicos (maíz, frijol, arroz y sorgo); C3.- Acciones para el fortalecimiento de la producción de Cultivos Agrícolas Estratégicos y otros

Agroindustriales (café, caña de azúcar, palma de coco, vainilla, pimienta, entre otros); Cultivos Hortícolas (jitomate, chile, entre otros.); Cultivos Frutícolas (Naranja, limón persa, piña, mango, plátano, manzana, ciruela, higo, entre otros); C4. Apoyos para la mecanización y equipamiento de actividades agrícolas; C5. Capacitación y Asistencia Técnica a Productores (as) agropecuarios.

El proyecto “Servicios de Capacitación, Asesoría Técnica a Productores(as) Agrícolas Extensionismo)” enmarcado dentro del componente 5 (C5). Capacitación y Asistencia Técnica a Productores (as) agropecuarios del programa de Fomento a la Producción Agrícola para la Suficiencia Agroalimentaria. Contempla impulsar acciones de acompañamiento técnico agropecuario, mediante capacitación, asesoría técnica e innovación tecnológica, a través de técnicos extensionistas y/o grupos de asistencia multidisciplinarios y participativos, cuyo propósito es incrementar la producción y productividad en cultivos básicos e industriales: como maíz, caña de azúcar, cítricos, café, arroz, frijol, entre otros cultivos de interés regional, con acciones que propicien la conservación y mejoramiento de los medios de producción y el uso sustentable de los recursos naturales, por lo que contratamos un equipo de técnicos y subcoordinadores profesionales con experiencia comprobable en servicios de extensionismo en el sector agropecuario, para brindar atención priorizada a productores agrícolas de los estratos E1 Familias de subsistencia sin vinculación al mercado de bajos ingresos de auto consumo, E2 Familias de subsistencia con vinculación al mercado de bajos ingresos y E3 familias en transición con vinculación al mercado, de muy alta, alta y media marginación, con la finalidad de brindarles capacitación y asesoría en campo mejorando sus sistemas productivos así como de incrementar sus rendimientos.

Un sector con dinamismo donde surgen novedosos métodos y técnicas exige que todo aquel involucrado en el proceso productivo adquiera y domine nuevas técnicas de producción, donde la capacitación agrícola es necesaria para adquirir conocimientos recientes y remplazar técnicas obsoletas o dañinas para el ecosistema, abastecer de alimentos a la población en cantidad y calidad, incursionar en nuevos mercados y preservar los recursos naturales para las nuevas generaciones.

La transferencia de la información y las nuevas tecnologías son pilares fundamentales para el desarrollo del sector agropecuario. Por lo cual, es obligación de los investigadores e instituciones involucradas transmitir la información o tecnología generada a los técnicos y productores con un enfoque práctico, con la finalidad que sean aceptados y adoptados en los procesos agropecuarios. Los profesionistas y técnicos dedicados en la actualidad al medio agropecuario son egresados de las carreras de Agronomía, Biología, Ingeniería Forestal, Zootecnia, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuario, Ingeniería en Desarrollo Rural, Ingeniería en Desarrollo Comunitario, Sociología y Antropología, entre otras, adquieran continuamente nuevos conocimientos de las ciencias agrarias de los países vanguardistas, capaces de aterrizarlos en los procesos productivos y en la solución de problemas agropecuarios, juegan un papel crucial en el desarrollo del mismo, por lo que es su obligación estar siempre preparados para responder a la demanda de alimentos sanos (producción y productividad) y exigencias del mercado (calidad e inocuidad), utilizar de forma racional y eficiente los recursos naturales (agua y suelo), cuidar el ecosistema y lograr rentabilidad económica en estas actividades.

El proyecto de extensionismo contempla incrementar la productividad, principalmente de granos básicos, caña de azúcar, cítricos, café, arroz y hortalizas. Su Población Objetivo son “Productores de pequeña y mediana escala, en superficies de 20 ha en tierras de temporal. En los lineamientos operativos establece que “Se destinarán recursos para implementar estrategias focalizadas de inducción a la productividad, a través de las vertientes de capacitación y/o acompañamiento técnico-organizativo. De esta manera el proyecto de capacitación fue concebido exclusivamente para productores de pequeña escala (hasta 5 ha) y de mediana escala (hasta 20 ha) ambos de temporal. La información es registrada por cada uno de los extensionistas de manera mensual en la plataforma de Control y seguimiento del extensionista creada por la SEDARPA, elaborada específicamente para ese fin de documentar los reportes mensuales y de esta forma contar con los datos estadísticos.

Resultados y discusión

El modelo de escuelas campesinas para transitar de una agricultura convencional a una agricultura sustentable

¿Qué es una ECA?

Las Escuelas campesinas (ECA's) representan una forma de enseñanza-aprendizaje basada en la educación no formal. En este enfoque, Familias Demostradoras y equipos técnicos facilitadores intercambian conocimientos utilizando la experiencia y la experimentación a través de métodos sencillos y prácticos. La parcela o el mismo espacio del hogar sirven como lugar para el aprendizaje. Las Escuelas campesinas se integran con la invitación de los extensionistas y autoridades municipales a productores de las localidades con el propósito de conformar una Escuela Campesina, la ECA, se integra con 20 productores al menos y el técnico extensionista tiene que conformar tres Escuelas Campesinas en cada municipio en el cuál fue asignado, es importante mencionar que los técnicos preferentemente pertenece a la misma comunidad dando certeza y seguridad a los productores. En las ECA's, previamente los técnicos realizan un diagnóstico de las problemáticas que tienen los productores en sus cultivos y posteriormente programan diferentes acciones para solucionar las problemáticas de las ECA's. También, implementan ejercicios prácticos y dinámicos que promueven el trabajo en equipo y desarrollan habilidades cruciales para la toma de decisiones orientadas a la resolución de problemas. Estas escuelas, se llevan a cabo a lo largo del ciclo fenológico del cultivo, involucrando a un grupo diverso de productores y a un facilitador que fomenta el aprendizaje mediante la observación, el análisis y la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo. Este proceso, distingue el enfoque de **"aprender haciendo y enseñando"**.

En las ECAS, el facilitador establece una relación horizontal con los participantes, valorando tanto el conocimiento técnico como los saberes populares locales. La metodología de las Escuelas de Campo integra la información técnica proporcionada por el facilitador con el conocimiento local de los participantes.

La Escuela Campesina es un espacio de formación y capacitación destinado a agricultores y habitantes del medio rural. Estas escuelas tienen como objetivo principal el fortalecimiento de las capacidades técnicas, organizativas y de gestión de los campesinos, promoviendo

prácticas agrícolas sostenibles y el desarrollo comunitario. A continuación, describimos sus características y objetivos principales:

Capacitación Técnica:

- Proporcionar formación práctica en técnicas agrícolas, manejo de cultivos, ganadería, agroecología y otras áreas relevantes.
- Introducir a los campesinos en el uso de tecnologías y métodos modernos que mejoren la productividad y sostenibilidad de sus actividades.

Desarrollo Organizativo:

- Fomentar la organización comunitaria y la formación de cooperativas y grupos de trabajo.
- Impulsar la participación activa de los campesinos en la toma de decisiones y en la gestión de sus recursos.

Sostenibilidad y Medio Ambiente:

- Promover prácticas agrícolas sostenibles que protejan el medio ambiente y los recursos naturales.
- Educar sobre la importancia de la conservación del suelo, el agua y la biodiversidad.

Empoderamiento y Liderazgo:

- Desarrollar habilidades de liderazgo y gestión en los participantes para que puedan desempeñar roles activos en sus comunidades.
- Fomentar la equidad de género y la inclusión social en las actividades rurales.

Innovación y Adaptación:

- Introducir innovaciones que respondan a las necesidades locales y regionales.
- Adaptar las técnicas y conocimientos a las condiciones específicas de cada comunidad.

Comercialización y Economía Rural:

- Capacitar en temas de comercialización, valor agregado y acceso a mercados.
- Promover la diversificación de ingresos y el desarrollo económico local.

Las Escuelas Campesinas son fundamentales para el desarrollo rural en Veracruz, ya que proporcionan a los agricultores y habitantes rurales las herramientas necesarias para mejorar

su calidad de vida, incrementar la productividad de sus actividades y asegurar la sostenibilidad de sus prácticas agrícolas.

Nuestro Legado: Escuelas Campesinas

Formación de mil 335 Escuelas Campesinas (ECAS), en las que trabajan 28 mil 800 productores (14 mil 688 son mujeres y 14 mil 112 hombres), en mil 286 localidades de 208 municipios (Figura 1).

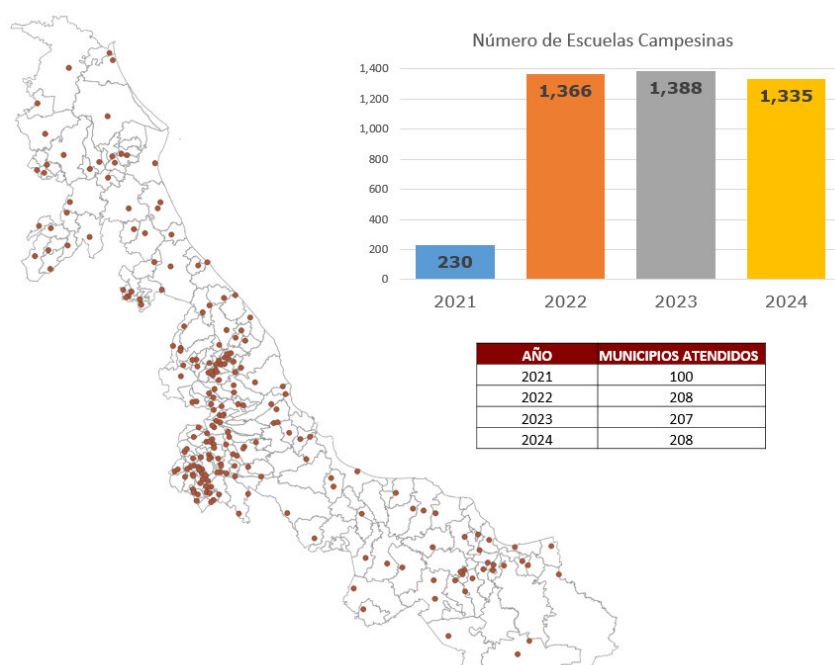


Figura 1. Escuelas Campesinas conformadas y municipios atendidos

Planes de Transición: principales cultivos

Referente a la producción de alimentos agroecológicos en el 2023 se obtuvo un volumen de producción a través de las Escuelas de Campo de 611 mil toneladas con un valor de la producción de mil 993 millones de pesos en productos como maíz, caña, naranja, café, limón, hortalizas. En la Figura 2, se muestran los planes de transición realizados en los años del 2021 al 2024 de los principales cultivos atendidos.

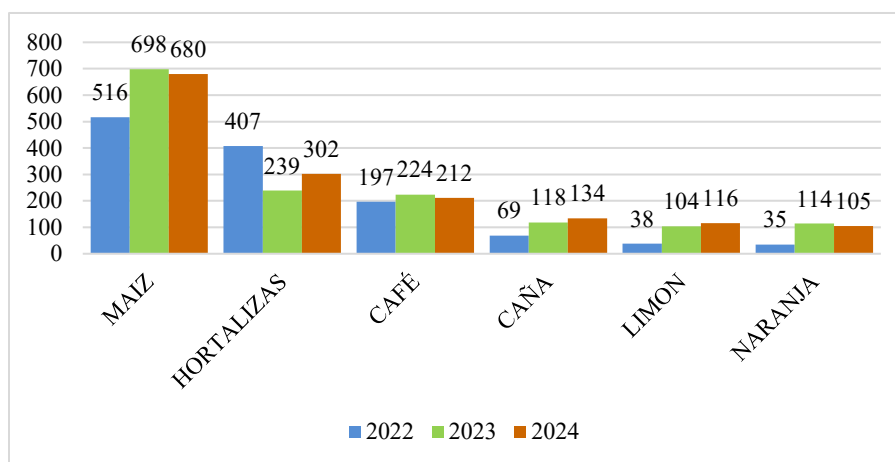


Figura 2. Planes de transición realizados de los principales cultivos atendidos

Elaboración y producción de Bioinsumos Elaborados por la Escuelas Campesinas

En cuanto a la producción de bioinsumos, se han producido 3 millones 220 mil 976 litros de bioinsumos líquidos y 3 millones 365 mil 818 kilogramos de bioinsumos sólidos, lo que representa para las y los productores una disminución en la compra de agroquímicos y pesticidas por un monto aproximado de 265 millones de peso, En la Figura 3, se muestran los principales bioinsumos sólidos y líquidos elaborados por los integrantes de las Escuelas Campesinas, así como la producción de cada uno de ellos.

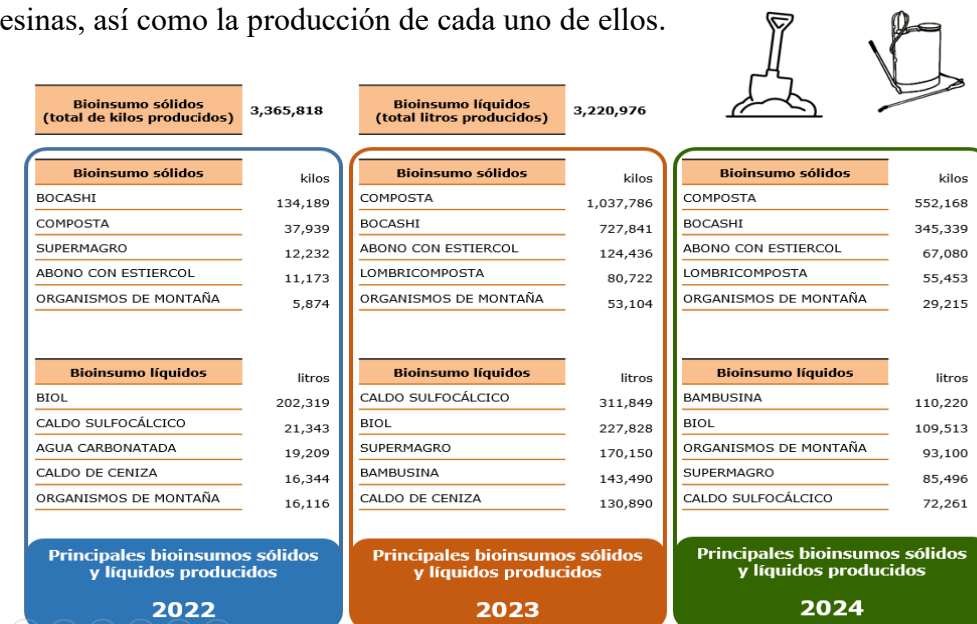


Figura 3. Producción de bioinsumos sólidos y líquidos (2021-2024)

Jornadas Técnicas Agroecológicas

Las Jornadas Técnicas Agroecológicas de las Escuelas Campesinas de SEDARPA son eventos organizados para promover la capacitación y el intercambio de conocimientos entre productores y técnicos en el ámbito de la agroecología. Estas jornadas incluyen una serie de actividades prácticas y teóricas que abarcan temas como el manejo sostenible de cultivos, la conservación de suelos, el uso eficiente del agua y la biodiversidad agrícola. Su objetivo es fortalecer las capacidades de los participantes para adoptar prácticas agroecológicas que mejoren la productividad y sostenibilidad de sus sistemas agrícolas, contribuyendo así al desarrollo rural y a la resiliencia frente al cambio climático (Cuadro 1).

Cuadro 1. Jornadas técnicas agroecológicas realizadas por las Escuelas Campesinas

JORNADAS TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS		
AÑO	NO. DE EVENTOS	ASISTENTES
2022	44	5,936
2023	63	3,930
2024	24	1,061
TOTAL	131	10,927

INTERCAMBIO DE SABERES		
AÑO	NO. DE EVENTOS	ASISTENTES
2022	7,224	65,016
2023	7,236	79,596
2024	6,360	69,960
TOTAL	20,820	214,572

ACCIONES DE CAPACITACIÓN		
AÑO	NO. EVENTOS	ASISTENTES
2022	21,662	194,958
2023	22,764	250,404
2024	19,080	209,880
TOTAL	63,506	655,242

Número de Subcoordinadores y Extensionistas contratados

La SEDARPA, mantuvo la equidad e igualdad de género, en el número de Subcoordinadores y Extensionistas contratados, durante los tres años del Programa de Extensionismo (Figura 4). Los profesionistas y técnicos dedicados en la actualidad al medio agropecuario son egresados de las carreras de Agronomía, Biología, Ingeniería Forestal, Zootecnia, Ingeniería

Agroindustrial, Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuario, Ingeniería en Desarrollo Rural, Ingeniería en Desarrollo Comunitario, Sociología, Antropología, entre otras.

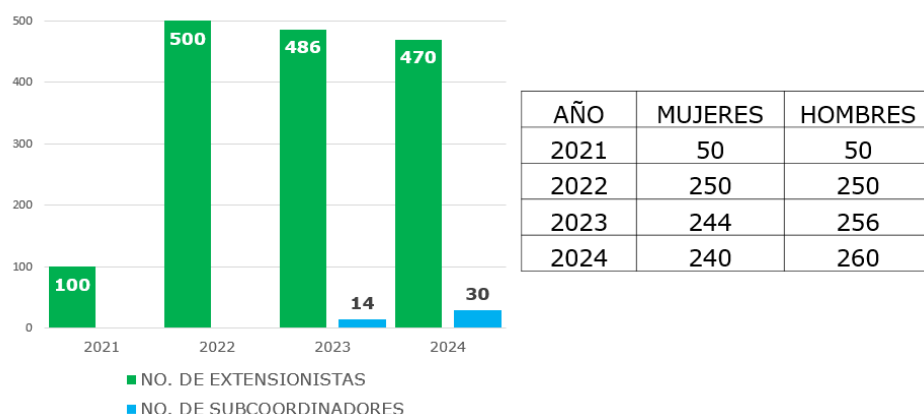


Figura 4. Contratación de técnicos extensionistas por la SEDARPA

Equipos de Medición

La Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA) ha dotado a los extensionistas de una serie de equipos de medición con el objetivo de mejorar la eficiencia y efectividad de sus actividades en el campo en beneficio de los productores integrantes de la ECA's. La dotación de equipos no solo optimiza la gestión agrícola, sino que también empodera a los productores rurales mediante el acceso a tecnologías avanzadas. Este enfoque integral promueve la sostenibilidad, mejora la productividad y fortalece la resiliencia de la agricultura veracruzana ante los desafíos actuales y futuros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Equipos de medición dotados por la SEDARPA a extensionistas.

CONCEPTO	CANTIDAD
Kit de monitoreo nutrimental foliar	10
Medidor de conductividad eléctrica	39
Medidor de ORP	25
Medidor de pH	39
Medidor de compactación	25
Medidor de humedad de granos	39
Medidor láser de distancias	40
Refractómetro	11
Tester water proof pH	9

Materiales Genéticos

La dotación de semillas de maíz, frijol, planta de café y hortalizas a las diferentes Escuelas Campesinas por parte de SEDARPA es una estrategia integral que busca no solo mejorar la productividad agrícola, sino también promover la sostenibilidad, la diversificación y la seguridad económica de los productores rurales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Dotación de semillas e insumos a Escuelas Campesinas

Concepto	Cantidad
Maíz	30,620
Frijol Negro Jamapa semilla Registrada	1,735
Frijol Negro Jamapa semilla Certificada	4,320
Módulos de Hortalizas 50 M²	1 módulo
Vivero	1 vivero
Planta de café certificada Oro Azteca	100,000 plantas

Además también se dotó de semillas de las siguientes hortalizas: Acelga, brócoli, zanahoria, betabel, chícharo, cebolla, lechuga, chile tampiqueño, calabaza, cilantro, melón, sandía, tomate, espinaca, pimiento, pepino, frijol ejotero y rábano.

Maquinaria y Equipo menor

La adquisición de maquinaria y equipo, que incluye equipo menor, tractores, secadoras de maíz, implementos para tractores y diversos insumos para la producción, es fundamental para optimizar las operaciones agrícolas y mejorar la eficiencia en el manejo de cultivos.

Equipo menor facilita las tareas diarias al permitir un manejo más preciso y eficiente en actividades como siembra y cosecha. **Tractores e implementos para tractores** son esenciales para la preparación del suelo y el manejo de grandes extensiones de terreno, acelerando procesos y reduciendo la necesidad de mano de obra intensiva. Las **secadoras de maíz** aseguran un secado adecuado del grano, protegiendo la calidad del producto y minimizando pérdidas por deterioro.

Además, la inversión en **diversos insumos para la producción**, como minerales, composta y productos de control de plagas, garantiza la salud del suelo y de los cultivos, promoviendo un crecimiento óptimo y sostenible. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Adquisición de Maquinaria y equipo

XXII. Concepto	Cantidad
Equipo menor	6,631
Tractores	10
Secadoras de maíz	3
Implementos tractor	54
Diversos Insumos para la producción (minerales, hongos, composta, jabones, entre otros	2,073

Fortalecimiento a productores cañeros

LA SEDARPA dotó de **77 equipos de acero inoxidable** para pequeños productores piloncilleros, es una inversión estratégica que tiene múltiples beneficios. El acero inoxidable es duradero, higiénico y resistente a la corrosión, lo que asegura una mayor vida útil y una mejor calidad en la producción de piloncillo. Estos equipos facilitan procesos de manufactura más eficientes y limpios, minimizando el riesgo de contaminación y garantizando la seguridad alimentaria. Al proporcionar equipos modernos y eficientes, se mejora la capacidad de producción, se reducen costos de mantenimiento y se fomenta una mayor competitividad en el mercado.

Programa para semilla de caña de azúcar revigorizada *in vitro* para rejuvenecer el campo cañero. Por otro lado, la **revigorización de caña con 75,000 plántulas** es una medida clave para el fortalecimiento y sostenibilidad de la producción cañera. Esta acción beneficia a **tres organizaciones cañeras** al proporcionarles plántulas de alta calidad que contribuirán a la mejora de los rendimientos de las cosechas y a la regeneración de plantaciones envejecidas o dañadas. La implementación de nuevas plántulas promueve un crecimiento más vigoroso y una mayor resistencia a enfermedades y plagas, lo que resulta en una producción más estable y rentable.

Los extensionistas en la ECA's con productores cañeros organizaron diversos eventos que se enlistan a continuación en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Eventos organizados por los extensionistas y productores de caña

Conceptos de capacitación	No. De eventos
Foros agroecológicos	11
Jornadas Técnicas	4
Eventos de capacitación	4
Personas Beneficiadas	2,359

Conclusiones

El proyecto de “Capacitación y Asesoría Técnica a Productores(as) Agrícolas” en Veracruz, parte del Programa de Fomento a la Producción Agrícola para la Suficiencia Alimentaria, busca enfrentar problemas críticos del sector agropecuario. Enfocado en la transferencia de conocimientos y tecnologías mediante extensionistas, se dirige a mejorar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura en la región. Los objetivos incluyen la formación de un sistema estatal de prestadores de servicios profesionales, con énfasis en la capacitación de productores de pequeña y mediana escala en áreas marginadas.

Las principales problemáticas identificadas incluyen los efectos adversos del cambio climático, la baja adopción de tecnologías modernas y la falta de capacitación adecuada. Veracruz, a pesar de ser un estado con significativa superficie agrícola y producción, enfrenta rendimientos bajos debido a prácticas agrícolas inadecuadas y falta de organización.

El proyecto contrató a 500 extensionistas que operan en 208 municipios, atendiendo a más de 29,000 productores a través de 1,468 Escuelas Campesinas. Estas escuelas sirven como espacios de formación práctica y teórica, fomentando la adopción de nuevas técnicas agrícolas y promoviendo una transición hacia la agricultura sustentable. Abordan aspectos como el manejo de suelos, uso de biofertilizantes, innovación tecnológica, y estrategias de comercialización, entre otros.

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of beans in the foreground.

Resumen

¹ Instituto Politécnico Nacional CIBA, México, ² Instituto Politécnico Nacional Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo, México, ³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División Académica de Ciencias Agropecuarias, México, ⁴ Universidad Tecnológica de Tabasco División de Procesos Industriales
*Email: autor para correspondencia: francolucioruiz@hotmail.com

relaciones T/C ubicaron a los nuevos clones y al guayaquil dentro del grupo de cacaos trinitarios.

Palabras clave: Teobromina, cafeína, relación T/C, fermentación tradicional

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una fruta de origen tropical cuyas semillas son utilizadas para elaborar el chocolate, el derivado más exquisito que se consume en todo el mundo debido a su fino sabor, aroma y propiedades nutricionales (Gibson y Newsham, 2018; Ozturk y Young, 2017). Con el objetivo de obtener mayores rendimientos, aumentar la resistencia a enfermedades y mejorar la calidad del grano, se han desarrollado diversos clones, los cuales requieren estudios particulares para definir criterios y características de como responden en campo (Horta-Téllez et al., 2019; Barrón et al., 2014).

El tratamiento poscosecha del cacao es necesario para su industrialización y el manejo de buenas prácticas de estas fases determina su calidad final (Aguilar, 2017). La fermentación, es la principal operación poscosecha puesto que permite la generación de precursores de aroma, sabor y color. Estos cambios producen un gran número de metabolitos destacando los alcoholes, esterres y ácidos que en etapas posteriores a la fermentación se reducen o aumentan (Vázquez et al., 2016),

El grano de cacao se distingue por presentar una composición química compleja, contiene agua, proteína, grasa, hidratos de carbono, polifenoles, alcaloides, taninos, compuestos aromáticos, vitaminas y minerales (Cuellar et al., 2018).

Los alcaloides en el grano de cacao están asociados con el sabor amargo. Su concentración depende de la variedad genética y se modifica con el manejo postcosecha particularmente durante el fermentado, además del procesamiento. La teobromina (3,7-dihidro-3,7-dimetil-1H-purina-2,6-diona), el principal alcaloide que se encuentra en el fruto de cacao, sus semillas y cáscaras, pertenece a una clase de alcaloides conocidas como metilxantinas, las cuales se producen de forma natural hasta en 60 diferentes especies de plantas y también

incluyen a la cafeína (1,3,7-trimetil- 1*H*-purina- 2,6(3*H*,7*H*)-diona1,3,7-trimetilxantina), y teofilina (nombre del químico) (Vázquez- Ovando, et al., 2016; Dang y Nguyen, 2019). La proporción o relación de teobromina y cafeína (T/C) en el grano de cacao sirve como referencia para distinguir la clasificación genética de una variedad de cacao y esta relación es menor en cacaos criollos, además que en algunos países productores, es un indicador de la calidad del grano (Davrieux et al., 2005).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de la fermentación tradicional en el contenido de metilxantinas en cuatro clones de cacao y dos variedades nativas, así como su relación teobromina/cafeína.

Materiales y métodos

Se utilizaron para el estudio cuatro clones de cacao desarrollados por el INIFAP Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, denominados INIFAP 1(C1), INIFAP 4(C4), INIFAP 8 (C8) e INIFAP 9 (C9) y dos variedades nativas: Criollo (Cr) y Guayaquil (G). En el estudio se empleó micro-fermentación por inserción de lotes. El inicio de la fermentación se consideró el punto inicial (T0), el primer volteo a las 48 horas (T48), el segundo a las 96 horas (T96) y el último a las 120 horas (T120). Se muestreo al inicio y después de cada volteo.

Determinación de metilxantinas (Teobromina y cafeína)

Se utilizó la técnica descrita por (Peralta-Jiménez y Cañizares-Macías, 2013) 0.25 g de cacao deshidratado y desgrasado se mezclaron con 25 mL de agua desionizada a 80°C, se realizó la extracción con sonda ultrasónica (BIOBASE UCD-250, China) a 240 W por 180 s, enseguida, se adicionaron 1.25mL de reactivo Carrez 1, se dejó enfriar para después filtrar. Al filtrado se añadieron entre 1.25 a 2 g de NaHCO₃ (MEYER) para después filtrar por segunda vez. Se aforó el filtrado a 25 mL con agua destilada hervida, se tomaron 5 mL del filtrado y se ajustó a un pH entre 12.5 y 12.7 con un potenciómetro (Marca: HANNA Instruments, modelo: 211, USA). Se adicionaron 5 mL de cloroformo (J.T. BAKER) y se colocó en la sonda ultrasónica a 80°C, 160 W por 30 s para su extracción, posteriormente la

mezcla se llevó a centrifugación por 10 minutos a 10,000 rpm (Marca: HERMLE, Modelo Z236K, Alemania). De las 2 fases obtenidas, se tomaron 80 μ L de la fase acuosa y se aforaron a 2 mL, esto para la lectura de teobromina en el espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS 10S, Thermo Fisher Scientific, China) a 272.7 nm. Para la lectura de cafeína se tomaron 200 μ L de la fase orgánica que se aforó a 2 mL con cloroformo y leída a 275.9 nm en espectrofotómetro. Para las determinaciones se realizaron curvas de soluciones estándares de teobromina (Sigma Aldrich) y cafeína (Sigma Aldrich) de 0-50 μ g. Las determinaciones se realizaron por triplicado a muestras al inicio (T0) y al final de la fermentación (T120).

Análisis estadístico

Los ensayos se realizaron por triplicado y los resultados se analizaron utilizando el modelo estadístico de comparación de medias en el programa MINTAB 17 (Minitab Statistical Software) y aplicando una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la separación de medias.

Resultados y discusión

Contenido de Teobromina

La cantidad de estos compuestos parece modificarse durante los procesos poscosecha, especialmente la fermentación. La teobromina en T0 varía de 3.4 a 4.8 mg/g, mientras que para T120 varió de 3.0 a 3.7 mg/g, esto significa que la cantidad de teobromina disminuyó significativamente en todas las muestras. En el tiempo 0 (T0) la cantidad de teobromina mostró diferencias significativas en todas las muestras, excepto en C9 y Cr, con un contenido de teobromina aproximado de 4.4 mg/g, el clon C8 mostró la mayor cantidad de teobromina que los demás (4.81 mg/g), como se observa en la Figura 1. El contenido de teobromina disminuyó en todas las muestras, siendo el menor contenido en Cr, 2,9 mg/g. El contenido de teobromina disminuyó ligeramente 5 % en la variedad G. El porcentaje de reducción de este alcaloide durante la fermentación coincide con lo reportado por Camino et al. (2014) en el cual las pérdidas de teobromina durante el paso de fermentación fueron entre 20 a 25%. En este trabajo, el C8 perdió el 25% del contenido inicial de teobromina.

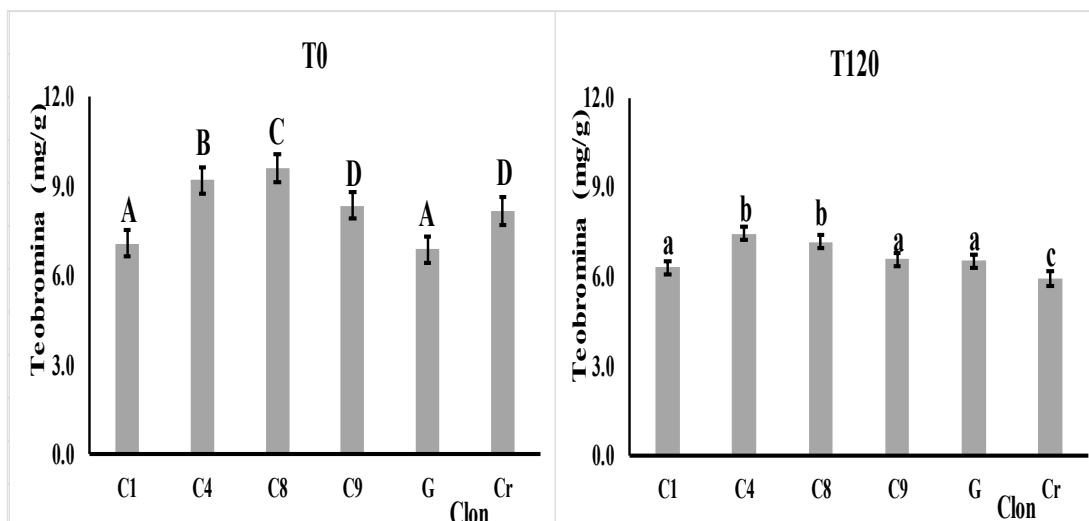


Figura 1: Contenido de teobromina antes y después de la fermentación de los clones y nativos (letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p<0.05$) para cada tiempo).

Contenido de Cafeína

Los valores de concentración de cafeína de todas las muestras en los tiempos T0 y T120 durante el proceso de fermentación se muestran en la Figura 2. El contenido de cafeína mostró valores en las muestras no fermentadas (T0) que variaron de 2.75 a 3.7 mg/g, destacando el valor de 3.7 mg/g presentado por la variedad Cr. Después de la fermentación (T120) a todas las muestras redujeron su concentración entre un 3 y un 26%. Siendo la muestra Cr la que disminuyó en mayor porcentaje (26%) y la G la de menor reducción (3%). En cuanto a los clones, C1 y C9 fueron los que presentaron mayor pérdida de este alcaloide, mientras que C8 presentó la menor reducción (12%). Este comportamiento coincide con el obtenido por Rojas-Rojas et al. (2021) donde se alcanzaron hasta un 24% de pérdidas de este alcaloide luego de la fermentación.

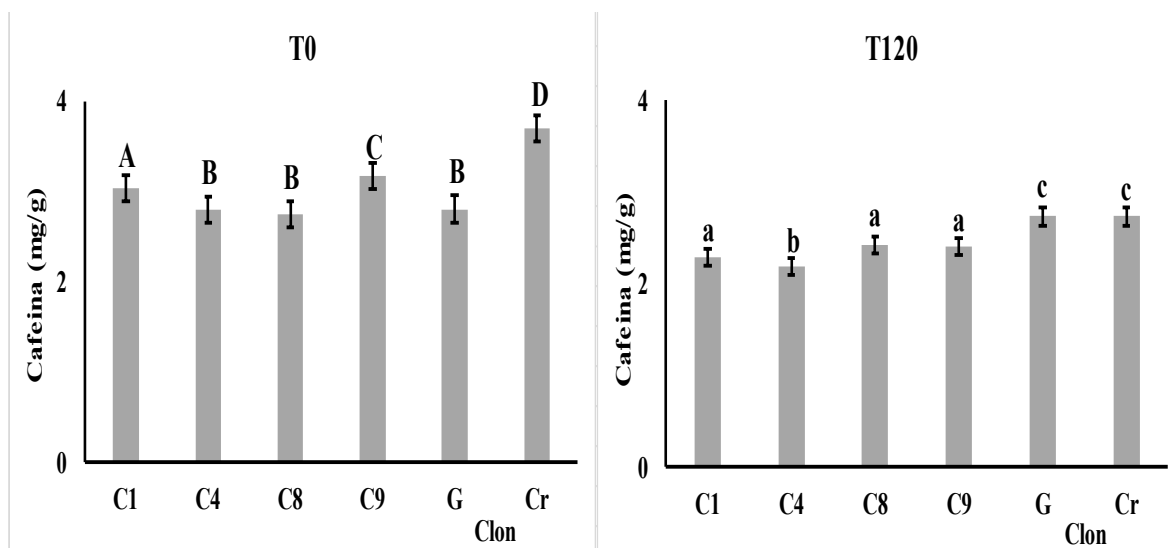


Figura 2: Contenido de cafeína antes y después de la fermentación de los clones y nativos (Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) para cada tiempo).

Los contenidos iniciales de teobromina y cafeína de los clones de cacao y nativos varían de acuerdo con la variedad y condiciones agroclimáticas de acuerdo a lo mencionado por Kongor et al. (2016) y Vázquez-Ovando et al. (2016). La reducción en el contenido de estos alcaloides después de la fermentación se debe principalmente a su difusión, así como a los exudados durante el proceso de fermentación Lima et al. (2011), también influye en la reducción de estos alcaloides el tiempo de fermentación y época de cosecha como lo menciona y obtuvo Portillo et al. (2014) La reducción de estos alcaloides después de la fermentación influye también en la reducción del amargor final de los derivados que se elaboran con dichos granos como lo mencionan Sánchez (2015) y Zapata, y Tamayo (2013).

Relación teobromina/cafeína (T/C)

La relación T/C obtenidas en cada clon antes y después de la fermentación se muestra en la Tabla 1. No se observan diferencias estadísticamente significativas de esta relación antes y después de la fermentación. Antes de la fermentación la relación T/C los valores más altos fueron para el C8 con 3.5 y la menor fue el Cr con 2.1. Posterior a la fermentación se

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

**Relación
Teobromina/Cafeína (T/C)**

Clon	T0	T120
C1	2.3a	2.8a
C4	3.2a	3.4a
C8	3.5a	3.0a
C9	2.6a	2.7a
G	2.5a	2.4a
Cr	2.1a	2.1a

Los resultados concuerdan con lo obtenido por Chevalley (1991) mencionado por Camino et al. (2014) donde señalan que esta relación varía entre una especie y otra, es una herramienta para poder diferenciar cacaos por su origen y puede ser un indicador de la calidad del cacao ya que a valores menores de 2, el grano presenta un sabor más fino y complejo. Davrieux et al. (2005) mencionan que valores de 1 a 2 de T/C corresponden a cacao criollo, valores de T/C entre 2 y 4.5 corresponden a trinitarios y valores mayores a 5 son considerados Forasteros, por lo tanto, es posible señalar que los clones de cacao utilizados y la variedad nativa Guayaquil pueden considerarse como trinitarios, como resultado de la mezcla o hibridación de varios materiales genéticos. El valor obtenido de T/C para el criollo confirma que efectivamente es de esa variedad.

Conclusiones

Las metilxantinas teobromina y cafeína de los clones nuevos de cacao y variedades nativas presentaron reducciones después del proceso de fermentación, esto debido principalmente a su difusión, así como a los exudados durante ese proceso. La reducción de estos alcaloides después de la fermentación influye también en la reducción del amargor final de los derivados que se elaboran con dichos granos. La relación T/C permitió distinguir el tipo de cacao utilizado donde se observó que los nuevos clones utilizados corresponden a cacaos trinitarios.

Agradecimientos

Al Centro para la Producción Mas Limpia Unidad Tabasco del IPN, División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo en infraestructura para la realización experimental de este proyecto. Este trabajo tuvo financiamiento de Fondos mixtos TAB-2018-01-01 y Proyecto interno-IPN, SIP-20210919. Los autores agradecen al Sistema Nacional de Investigadores.

Literatura citada

Barrón, P., Azpeitia, A., López, P., Mirafuentes-Hernández, F. (2014). Núm. 5 30 de junio-13 de agosto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 765–777. Retrieved from <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n5/v5n5a4.pdf>

Camino, C., Espin, S., Samaniego, I., & Carpio, C. (2014). Comparación de los niveles de grasa, alcaloides y polifenoles totales en almendras de cacao nacional fino de aroma de diferentes zonas del litoral ecuatoriano. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22, 34–40. Retrieved from <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3280/1/iniapscCD69.pdf>.

Cuellar, L. M., Espinosa, C. M. O., Sánchez, Y. K. A., Cruz, L. G., & Salazar, J. C. S. (2018). Organoleptic quality assessment of Theobroma cacao L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Acta Agronomica*, 67(1). <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.66572>

Dang, Y. K. T., & Nguyen, H. V. H. (2019). Effects of Maturity at Harvest and Fermentation Conditions on Bioactive Compounds of Cocoa Beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(1), 54–60. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0700-3>

Davrieux, F., Assemet, Sukha, Portillo, Boulanger, Bastianelli, Cros E. (2005). Genotype characterization of cocoa into genetic groups through caffeine and theobromine content predicted by near infra red spectroscopy. *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 12th International Conference*, 382–386. Retrieved from https://agritrop.cirad.fr/530989/1/document_530989.pdf

Gibson, M., & Newsham, P. (2018). Chocolate/Cacao. In *Food Science and the Culinary Arts* (pp. 341–352). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811816-0.00017-8>

Héctor Aguilar. (2017). *Actividades de poscosecha para lograr cacao de calidad* (p. 8). p. 8. Retrieved from http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No14_Sept_2017.pdf

Horta-Téllez, H., Sandoval-Aldana, A., García-Muñoz, M., & Cerón-Salazar, I. (2019). Evaluation of the fermentation process and final quality of five cacao clones from departament of Huila, Colombia. *DYNA*, 86, 233–239.

Kongor, J. E., Hinnéh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - A review. *Food Research International*, Vol. 82, pp. 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>

Lima, Lí. J. R., Almeida, M. H., Rob Nout, M. J., & Zwietering, M. H. (2011). *Theobroma cacao* L., “The food of the gods”: Quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 51, pp. 731–761. <https://doi.org/10.1080/10408391003799913>

Ozturk, G., & Young, G. M. (2017). Food Evolution: The Impact of Society and Science on the Fermentation of Cocoa Beans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 16, pp. 431–455. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12264>

Peralta-Jiménez, L., & Cañizares-Macías, M. P. (2013). Ultrasound-Assisted Method for Extraction of Theobromine and Caffeine from Cacao Seeds and Chocolate Products. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 6, pp. 3522–3529. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-1014-3>

Portillo, E., Portillo, A., Grazziani, L., Cros, E., Assemat, S., Davrieux, F., & Boulanger, R. (2014). Efecto del tratamiento poscosecha sobre el contenido de teobromina y cafeína en cacao criollo (*theobroma cacao* L.). *Revista de La Facultad de Agronomía. Revista de La Facultad de Agronomía*, 31.

Rojas-Rojas, K., Hernández-Aguirre, C., & Mencía-Guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense*, pp. 53–65. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45694>

Sánchez, J. (2015). *Extracción y cuantificación de teobromina existente en las semillas de cuatro variedades de cacao (theobroma cacao l) producidas en la provincia de el oro, 2014* (Universidad Técnica de Machala). Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4485/1/CD00736-2015-TRABAJO COMPLETO.pdf>

Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D. & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 656(3), 239–254.

Zapata, S., Tamayo, A. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao Colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(3), 391–404.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with rows of trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with trees in the background.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar las emociones que se evocan en los consumidores durante el consumo de chorizos elaborados con mezcla de carne de ovino porcino. Se elaboraron cuatro formulaciones de chorizo: 192 (100% carne de cerdo: 0 %carne de ovino); 194 (40% carne de cerdo: 60 carne de ovino); 119 (0% carne de cerdo: 100 % carne de ovino) y 319 (20 % carne de cerdo: 80 % carne de ovino). Se usaron un total de 97 consumidores quienes determinaron las emociones evocadas por el consumo de diferentes formulaciones chorizo mediante la técnica Check-all-that-apply (CATA). Los resultados del perfil de emociones demostraron que las muestras de chorizo evocaron tres emociones positivas (jubiloso, seguro, y comprensivo) y una emoción negativa (preocupado). La

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25. Villahermosa, Tabasco, México. ² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territorial 94106, Huatusco, Veracruz, México. ³ Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz, 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

⁴Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 y 28, 24520, Chiná, Campeche, México.

⁵Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México. *Corresponding author:

ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx (E.J. Ramírez-Rivera)

formulación 192 (100% carne de cerdo: 0 %carne de ovino) evoco la emoción comprensiva. Por su parte, la muestra 119 (0% carne de cerdo: 100 % carne de ovino) fue quien evoco la emoción negativa preocupado mientras que las muestras 194 (40% carne de cerdo: 60 carne de ovino) y 319 (20 % carne de cerdo: 80 % carne de ovino) evocaron las emociones positivas seguro y jubiloso.

Palabras clave: Emociones, consumo de chorizo, carne de ovino-porcino, percepción del consumidor

Abstract

The objective of this research was to determine the emotions that are evoked in consumers during the consumption of chorizos made with a mixture of sheep-pork meat. Four formulations of chorizo were made: 192 (100% pork: 0% sheep meat); 194 (40% pork: 60 sheep meat); 119 (0% pork: 100% sheep meat) and 319 (20% pork: 80% sheep meat). A total of 97 consumers were used who determined the emotions evoked by the consumption of different chorizo formulations using the Check-all-that-apply (CATA) technique. The results of the emotion profile demonstrated that the chorizo samples evoked three positive emotions joyful, secure, and understanding) and one negative emotion (worried). Formulation 192 (100% pork: 0% sheep meat) evoked the emotion sympathetic. For its part, sample 119 (0% pork: 100% sheep meat) was the one that evoked the negative emotion, worried, while samples 194 (40% pork: 60 sheep meat) and 319 (20% sheep meat) pork: 80% sheep meat) evoked the positive emotions confident and joyful.

Key words: Emotions, chorizo consumption, sheep-pork meat, consumer perception

Introducción

El Consejo Mexicano de la Carne (2022) reportó que cada mexicano consumió un promedio de 8.280 kg de embutidos al año (salchichas, jamón, chorizo, mortadela y, tocino). En el país el 95% de la carne de ovino que se consume en forma de “barbacoa” (Alanís et al., 2022).

Sin embargo, una alternativa para el uso de carne de ovino es elaborar embutidos con mezcla de carne porcina para dar una mayor diversidad de productos con valor agregado. Para tal efecto, la introducción de nuevas alternativas a los mercados locales, regionales o nacionales deben analizarse desde la perspectiva del consumidor. En este sentido, las emociones juegan un papel importante en la aceptación de los alimentos (Jiang et al., 2014) y en función de esto tener una mayor visión de las posibles causas de preferencia o rechazo de este tipo de embutidos. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar las emociones que se evocan en los consumidores durante el consumo de chorizos elaborados con mezcla de carne de ovino-porcino.

Materiales y métodos

Los chorizos se elaboraron según la receta del Cuadro 1. El control fue un chorizo elaborado con carne magra de cerdo. Para los chorizos de carne ovina, el músculo y la grasa se molieron juntos en un molino para de carne (Torrey, México) con un tamiz de 4 mm. A continuación, la carne se mezcló con las especias en polvo y la mezcla de chile cocido y licuado. Después se homogeneizó en una mezcladora de alimentos durante 10 minutos y se embutido en tripas de cerdo (2 cm de diámetro).

Cuadro 1. Formulaciones de chorizos analizados

Código	Mezcla
192	100% carne de cerdo: 0 %carne de ovino
194	40% carne de cerdo: 60 carne de ovino
119	0% carne de cerdo: 100 % carne de ovino
3129	20 % carne de cerdo: 80 % carne de ovino

Se conformo un panel de 97 consumidores con rangos de edad entre 18 y 55 años. Los participantes fueron estudiantes de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. La selección de los consumidores se realizó de acuerdo con los lineamientos de la norma ISO11035 (1994): 1) no aversión al producto; 2) no tener alergias a los ingredientes de los productos de interés; 3) consumo habitual de chorizos y 4) disponibilidad para realizar las

pruebas sensoriales. Se usó la técnica Check-all-that-apply (CATA) para la evaluación de las emociones en función al vocabulario de emociones del perfil EsSense25 (Nestrud et al., 2016). A los consumidores se les entregaron las muestras de chorizo codificadas con tres dígitos al azar y bajo un orden evaluación indicado por un diseño experimental (MacFie et al., 1989). Posteriormente cada consumidor marcaba los atributos que percibía para cada muestra. Las evaluaciones se realizaron en el laboratorio de evaluación sensorial de la División Académica de Ciencias Agropecuarias. La construcción del perfil de emociones se efectuó de la siguiente manera: 1) se aplicó la técnica Q de Cochran para determinar los atributos sensorial significativos ($p < 0.05$) en los consumidores (Vidal et al., 2016) y 2) se aplicó la técnica Análisis de Correspondencia (AC) para visualizar el perfil sensorial de los chorizos elaborados con mezcla de carne ovino-porcino.

Resultados

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la prueba de Q de Cochran. Se muestra que solamente las emociones positivas Jubiloso, Seguro, Comprensivo y la emoción negativa Preocupado fueron significativas y por lo tanto se consideraron para la construcción del mapa de emociones de las formulaciones de chorizo.

Cuadro 2. Valores de probabilidad para emociones

Emoción	valores-p	Emoción	Valor-p
Activo (+)	0.339	Jubiloso(+)	0.019
Aventuroso(+)	0.328	Amoroso(+)	0.455
Agresivo(-)	0.859	Gentil(+)	0.870
Aburrido(-)	0.286	Nostálgico (+)	0.412
Calmado(+)	0.480	Complacido(+)	0.845
Disgustado(-)	0.553	Satisfecho(+)	0.844
Entusiasta(+)	0.401	Seguro(+)	0.008
Liberado(+)	0.980	Dócil (+)	0.910
Bien(+)	0.249	Comprensivo(+)	0.003
Buen carácter(+)	0.633	Cálido(+)	0.988
Culpable(-)	0.438	Salvaje(-)	0.891
Feliz(+)	0.562	Preocupado(-)	0.013

adaptativos para la reconstrucción de la realidad, basados en conocimientos y expectativas. En contraparte, la emoción negativa (Preocupado) se ha demostrado que este tipo de emoción puede relacionarse con atributos sensoriales diferentes a lo que el consumidor está habituado y por lo tanto evocar aspectos cognitivos de índole negativos en las personas (Cabal-Prieto et al., 2022). El presente estudio exploró las emociones evocadas por consumidores al probar formulaciones de chorizo que combinan carne de cerdo y ovino en diferentes proporciones. Según los hallazgos, las emociones positivas predominantes fueron "jubiloso", "seguro" y "comprensivo", mientras que la emoción negativa evocada por los consumidores fue "preocupado". Estas respuestas emocionales pueden estar vinculadas a la familiaridad con los sabores y texturas asociados con la carne de cerdo y ovino, así como a las percepciones individuales sobre la calidad y el disfrute del producto. En específico, la formulación 192, compuesta por 100% carne de cerdo, evocó principalmente la emoción de "comprensivo". Esto podría indicar una respuesta positiva basada en la familiaridad y la satisfacción con el sabor tradicional del chorizo de cerdo. Según Petty y Cacioppo (1986), las emociones positivas como la comprensión están relacionadas con la evaluación positiva de un objeto o experiencia. Contrastando con esta respuesta, la formulación 119, elaborada exclusivamente con carne de ovino, generó la emoción negativa de "preocupado". Este hallazgo podría sugerir una menor familiaridad o aceptación de la carne de ovino en productos de embutidos, posiblemente debido a diferencias en el sabor o textura percibidos por los consumidores (Barnett et al., 2019). Por otro lado, las formulaciones mixtas, como la 194 (40% carne de cerdo y 60% carne de ovino) y la 319 (20% carne de cerdo y 80% carne de ovino), se asociaron con emociones positivas de "seguro" y "jubiloso". Estas formulaciones intermedias podrían haber logrado un equilibrio en las características sensoriales que agradan a los consumidores, combinando elementos familiares de la carne de cerdo con las cualidades distintivas de la carne de ovino. Estos resultados resaltan la importancia de considerar las respuestas emocionales junto con el perfil sensorial al desarrollar productos alimenticios. La comprensión de cómo las formulaciones afectan las emociones del consumidor puede orientar estrategias para mejorar la aceptación del producto y optimizar la experiencia del consumidor.



A collage of four images arranged in a 2x2 grid. The top-left image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The top-right image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The bottom-left image is a duplicate of the top-left image, showing hands sorting cocoa pods. The bottom-right image is a duplicate of the top-right image, showing a herd of cattle grazing.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a pile of cocoa pods. The bottom image shows a herd of cattle grazing in a lush green field, similar to the second image.

A vertical collage of four images. The top image shows a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a herd of cattle grazing in a lush green field. The third image is a close-up of a person's hands sorting through a pile of cocoa pods. The bottom image shows a herd of cattle grazing in a lush green field, similar to the second image.

Cabal-Prieto, A., G. Teodoro-Bernabé., C. Coria-Rincon., L. Sánchez-Arellano., L. G. Ramon-Canul., J. Rodríguez-Miranda., W. Prinyawiwatkul., J. M. Juárez-Barrientos., J. A. Herrera-Corredor and, E. J. Ramírez-Rivera. 2021. Development of a memory vocabulary (MemVoC) for food products using coffee as a model. Food Sci. Technol. 42, e44221 <https://doi.org/10.1590/fst.44221>.

Consejo Mexicano de la Carne. 2022. Compendio Estadístico. 2022. Recuperado de <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2022/>.

International Organization for Standardization. 994. ISO 11035 Sensory analysis - Identification and selection of descriptors for establishing a sensory Profile by a multidimensional approach. Switzerland: International Organization for Standardization.

Jiang, Y., J. M. King., and, W. Prinyawiwatkul. 2014. A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. Trends in Food Science & Technology, 36(1), 15-28. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.005).

MacFie, H. J., N Bratchell., K. Greenhoff. and L.V. Vallis. 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. Journal Sensory Studies 4(2), 129–148. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x>.

Nestrud, M. A., H. L. Meiselman., S. C. King., L. L. Lesher and A. V. Cardello. 2016. Development of EsSense25, a shorter version of the EsSense Profile®. Food Quality and Preference, 48, 107-117. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.005).

Petty, R. E. and, J. T. Cacioppo. 1986. The elaboration likelihood model of persuasion. Advances in Experimental Social Psychology, 19, 123-205. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60214-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60214-2).

Vidal, L., G. Ares., D. I. Hedderley., M. Meyners and, S. R. Jaeger. 2018. Comparison of rate-all-that-apply (RATA) and check-all-that-apply (CATA) questions across seven consumer studies. Food Quality and Preference, 67, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.013>

TRABAJOS EN RESUMEN

CULTIVOS ANUALES

PERFORMANCE OF CHIHUA WITH DIFFERENT DOSES OF ORGANIC FERTILIZERS IN TABASCO

Mario Rodríguez Cuevas^{1*}, Sabel Barrón Freyre¹, Dante Sumano López¹ y Miguel Ángel
Ramírez Guillermo¹

China a nivel mundial es el 1er productor de calabazas con 7,325,193, seguido de Ucrania 1,097,780 y México el 7mo. lugar con 729,201 toneladas respectivamente (FAOEST. (2022)). La chihua es originaria de América y por ello a México se le atribuye como centro de origen. Es una de las especies cultivadas por los productores de subsistencia en Tabasco. El trabajo se llevó a cabo en el C. E. Huimanguillo del INIFAP. El objetivo fue evaluar diferentes dosis de pollinaza compostada aplicada al suelo y lixiviado foliar como fertilizante orgánico y su efecto en las características del rendimiento del fruto. Se probaron 10 tratamientos con cuatro niveles: 2.5, 5.0, 7.5, y 10.0 t ha⁻¹ de pollinaza, compostada (C) aplicada al suelo al inicio del cultivo y lixiviados: Tratamientos (T), Composta (C) aplicada al suelo (S) y lixiviados (L) foliar (F) al 50 %: T2.5CLS, T2.5CLF, T5CLS, T5CLF, T7.5CLS, T7.5CLF, T10CLS, T10CLF, testigos químico (TQm) y absoluto (T000). En un diseño completamente al azar con 15 muestras (frutos) por tratamiento. Las variables evaluadas: peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cascara, peso de semilla y correlación entre peso vs y sus diámetros de fruto se hizo análisis de varianza y prueba (DMS $\alpha \leq 0.05$ p.). Los resultados obtenidos. Peso de fruto, y Diámetro polar, resulto sin diferencia estadística, aunque la mejor respuesta del fruto fué el TC5LF con 51.00 cm superando en un 4% al (TQm). Diámetro ecuatorial, con

¹ **Investigadores de C.E. Huimanguillo INIFAP-Tabasco.** ¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, C. E. Huimanguillo km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, 86400, Huimanguillo, Tabasco, México. ***Autor por correspondencia e-mail: *Autor por correspondencia e-mail: rodriguez.mario@inifap.gob.mx**

diferencia estadística el T7.5CLF supero al TQm en un 5%, y al (T000) en un 2.7%. Peso de semilla, el mejor tratamiento el T10CLF con 68.78 g por fruto, superando en 20.7% al T000 con diferencias significativas. la correlación del peso de vs diámetro ecuatorial, mostro la mejor correlación. Se concluye que la fertilización orgánica es competitiva con la química (TQm) y superior al testigo (T000).

Palabras claves: pollinaza; composta; lixiviados; chihua.



ECONOMÍA CIRCULAR

RECICLAJE DE NUTRIENTES EN AGRICULTURA: LIXIVIADOS DE PSEUDOTALLOS DE PLÁTANO COMO FUENTE DE MICRONUTRIENTES

NUTRIENT RECYCLING IN AGRICULTURE: LEACHATE FROM BANANA PSEUDOSTEMS AS A SOURCE OF MICRONUTRIENTS

Eder Ramos-Hernández^{1*}, Josué Alonso Cifuentes-Córdova², Samuel Córdova Sánchez², Blanca Patricia Castellanos-Potenciano¹

Resumen

El incremento poblacional y el cambio climático subrayan la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles para asegurar el abasto de alimentos. El plátano, cultivado en forma global y principalmente exportado por países latinoamericanos y del Caribe, enfrenta retos como la degradación del suelo por malas prácticas de fertilización. Se propone un enfoque de economía circular para reciclar nutrientes de residuos agrícolas, reducir costos y mejorar la sostenibilidad. Esto es crucial para mantener la productividad agrícola de manera eficiente y rentable, adaptándose a los desafíos ambientales y económicos actuales. Por consiguiente, el presente trabajo consiste en determinar la presencia de micronutrientes en lixiviados de pseudotallos de plátano macho (*Musa sp.* AAB). La investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco. La obtención de lixiviados se realizó con el método diseñado por Blanco *et al.* (2013), el cual consiste en la descomposición de

¹INIFAP - Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI). Km. 1 Carretera Huimanguillo – Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

²División de Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería-Universidad Popular de la Chontalpa. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas Huimanguillo km 2, Ranchería Paso y Playa, C.P. 86529, H. Cárdenas, Tabasco, México. *Autor para correspondencia: ramos.eder@inifap.gob.mx

pseudotallos en 10 tambos de plástico, llamados pila estática aireada (PEA) con capacidad de 200 litros. En cada PEA, se le colocó un pseudotallo completo correspondiente a una planta de plátano macho cosechada. Como material vegetal para la producción de lixiviado, se utilizaron pseudotallo de 10 plantas de plátano macho (Musa AAB) recién cosechado en la localidad Miahuatlán 2da sección, Cunduacán, Tabasco. Los lixiviados obtenidos en cada PEA fueron envasados e identificados por separado para su conservación y determinación de sus contenidos de micronutrientes en el Laboratorio de Análisis de Plantas y Aguas del Centro de Investigación e Innovación para la Sustentabilidad de la Palma de Aceite” (CIISPALMA), Centro, Tabasco. La concentración de B, Fe, Mn y Zn en promedio es de $0.34 \pm 0.04 \text{ mgL}^{-1}$, $0.71 \pm 0.2 \text{ mgL}^{-1}$, $2.59 \pm 1.4 \text{ mgL}^{-1}$ y $1.15 \pm 1 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente. En conclusión, los lixiviados de pseudotallo de plátano contienen micronutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, además de promover el aprovechamiento de los desechos que una vez lixiviados constituye una oportunidad de reutilización de los nutrientes presentes en estos, Además de aportar al modelo de producción y consumo como lo es la economía circular.

Palabras Clave: Fertilización, Musa sp., Boro, Magnesio, Economía circular

Literatura Citada

Blanco, G., Linares, B., Hernández, J., Maselli, A., Rincón, A., Ortega, R., Medina, E., Hernández, L y Morillo, J. (2013). Caracterización química de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy. *Agronomía tropical*. 63 (3-4): 121-134.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

CARTOGRAFÍA DIGITAL DE PROPIEDADES DE SUELOS EN PLANICIE Y LOMERÍOS DE HUIMANGUILLO, TABASCO MÉXICO

Antonio López-Castañeda¹, Joel Zavala-Cruz¹, David Jesús Palma-López¹, Francisco Bautista Zúñiga², Joaquín Alberto Rincón-Ramírez¹.

Resumen

La información detallada de suelos y su distribución espacial es fundamental para enfrentar problemáticas generadas en zonas agropecuarias, contribuye a la toma de decisiones sobre usos, atenúa los procesos de degradación y a proponer prácticas de manejo sustentables. El objetivo del estudio fue, realizar la predicción espacial y el mapeo digital de atributos del suelo, utilizando validación geoestadística en paisajes de planicie y lomerío con uso agropecuario en Tabasco México, en una superficie de 29 398 ha. Se analizaron 43 perfiles de suelos con base en la NOM-021-RECNAT-2000.

Los datos físicos y químicos de los perfiles se procesaron en el software Soil & Enveroment para hacer una evaluación edafo-ecológica y de las funciones ambientales. Se generaron mapas de propiedades edáficas mediante interpolación kriging, utilizando el software GS+. Los atributos del suelo presentaron variabilidad, baja en pH, capacidad de campo (CC), volumen poroso total (VPT) y capacidad de aireación (CA); intermedia en capacidad de intercambio catiónico (CIC), potasio (K) y conductividad hidráulica Kl, y alta en Mg, Ca y Na. El modelo Gaussiano fue el que mejor describió la variabilidad, y la mayoría de los parámetros del semivariograma presentaron un r^2 aceptable, mayor a 0.65. En suelos de la planicie, los atributos pH, Mg, Ca, CIC, K, y Na, presentaron valores elevados, y su función ambiental de calidad agrícola (FACA) fue media a alta. Las limitaciones se asocian a la

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México, ²Centro de Investigación en Geografía Ambiental, UNAM, Morelia, Michoacán, México Autor por correspondencia: zavala_cruz@colpos.mx

textura arcillosa; los suelos del lomerío presentaron valores altos de CA, KI asociados a la textura franco-arenosa, y los valores bajos de pH, Mg, Ca, CIC, K y Na, son típicos de Acrisols pobres en nutrientes; su FACA varió de baja a media. La cartografía generada por el método de kriging, permitió identificar zonas con diferentes niveles de las propiedades del suelo, relacionadas con los paisajes geomorfológicos de planicie y lomerío. Esta cartografía puede contribuir a hacer recomendaciones sobre manejo agronómico en función de los requerimientos agroecológicos de cultivos tropicales.

Palabras clave: Geoestadística, Agricultura de precisión, Semivariograma, Geopedología, Variabilidad espacial

MODELOS DE RAZÓN DE VOLUMEN PARA PLANTACIONES DE *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. EN MICHOACÁN, MÉXICO

Jonathan Hernández-Ramos^{1*}, Hipólito Jesús Muñoz-Flores², Adrián Hernández-Ramos³,
Rubén Barrera-Ramírez², Enrique Buendía-Rodríguez⁴ y Roberto Reynoso-Santos⁵

Resumen

En el manejo de los recursos forestales es imprescindible contar con estimaciones actualizadas de volumen fustal y comercial. El objetivo del estudio fue proponer modelos de razón de volumen (r) para arboles de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. establecidos como plantaciones en la Comunidad Indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán, México. Se utilizó información de alturas y diámetros a distintas secciones sobre el fuste (A_i y d_i) de 36 individuos (245 pares de datos) medidos de forma directa e indirecta. Los modelos se ajustaron en Rstudio® mediante modelos de efectos mixtos y la técnica de máxima verosimilitud, resultando dos expresiones de modelos de razón de volumen basados en la altura total (A_t) y el diámetro normal (d). Se incluyó una estructura que modela la distribución de residuales de tipo *varPower* y *varExp*, respectivamente, y una estructura de autorregresión de media móvil. Una vez evaluada la robustez estadística del ajuste, donde todos sus parámetros fueron significativos, las expresiones propuestas son: Van Deusen: $r = \exp^{-0.9350 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^{2.8621}} (R^2 = 0.9618, RCME = 0.0699, Sesgo = -0.0217)$ y Zepeda: $r = 2.6275 \cdot \left(\frac{A_i}{A_t}\right) + 1.6425 \cdot \left(\frac{A_i}{A_t}\right)^2 (R^2 = 0.9656, RCME = 0.0662, sesgo = -0.0253)$. Con estas

¹Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarios (INIFAP)-Campo Experimental Bajío. *Autor de correspondencia: hernandez.jonathan@inifap.gob.mx ²INIFAP-Campo Experimental Uruapan. ³INIFAP-Campo Experimental Saltillo. ⁴INIFAP-Campo Experimental Valle de México. ⁵INIFAP-Campo Experimental Altos de Chiapas

expresiones se pueden realizar distribuciones de productos para un mercado diferenciado de manera confiable. Además, se puede tomar como referencia para planear actividades complementarias como podas con el objetivo de incrementar el valor comercio de la madera en rollo: largas (longitud ≥ 2.54 m) o cortas dimensiones (longitud ≤ 2.54 m), proveniente del aprovechamiento forestal.

Palabras clave: aprovechamiento forestal, distribución de productos, efectos mixtos, valor comercial.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

Resumen

Se implementaron algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest (RF) y Máquinas de Soporte Vectorial (MSV), para modelar estas relaciones. Aunque ambos modelos mostraron coeficientes de determinación (R^2) bajos, demostraron ser efectivos en la predicción del carbono aéreo, con MSV mostrando una ligera superioridad sobre RF en términos de ajuste estadístico y capacidad para evitar el sobreajuste en los datos de entrenamiento.

Los resultados enfatizan la importancia crítica de considerar las condiciones topográficas, especialmente altitud y pendiente, para una estimación precisa del carbono vegetal aéreo en

*Autor de correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

²INIFAP-Campo Experimental Saltillo.

³INIFAP-Campo Experimental Bajío.

⁴ INIFAP INIFAP-Campo Experimental Valle de México.

⁵ INIFAP INIFAP-Campo Experimental Uruapan.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and brown cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees and a path. The third image shows a person standing in a field of tall green grass, possibly a cocoa plantation. The bottom image shows a group of people working in a field, with one person in the foreground and others in the background.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of yellow and orange cocoa beans. The second image shows a lush green cocoa plantation with tall trees. The third image shows a person standing in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly a cocoa plantation, with a large pile of cocoa beans in the foreground.

A vertical collage of four images. The top image shows a close-up of several cocoa pods in various colors (yellow, orange, brown) hanging from a tree. The second image shows a wide view of a lush green field with rows of cocoa trees. The third image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of cocoa pods. The bottom image shows a group of people working in a field, possibly harvesting or planting cocoa trees.

PLANTACIONES Y FORESTALES

**COMPORTAMIENTO DE LAS FASES MASCULINA Y FEMENINA EN EL
COCOTERO (*COCOS NUCIFERA* L.) HÍBRIDO CHACTEMAL**

**BEHAVIOR OF THE MALE AND FEMALE PHASES IN THE COCONUT TREE
(*COCOS NUCIFERA* L.) CHACTEMAL HYBRID**

¹Matilde Cortazar-Ríos, ¹Gilbert José Herrera-Cool, ^{2*}Eder Ramos-Hernández, ²María del Carmen Silverio-Gómez, ²Blanca Patricia Castellanos-Potenciano

Resumen

La palma de coco es una planta monoica y florece durante todo el año. Existe una variación amplia entre ecotipos y regiones geográficas con respecto a la fenología de la floración en el cocotero (Rognon, 1976). El inicio de la floración importante para esta especie pues está ligada a su vida productiva. La inflorescencia, se localiza en el interior de una cubierta fibrosa llamada espata. Cuando la espata completa su desarrollo, se abre y queda expuesta la inflorescencia, compuesta por un eje sobre el cual se insertan los raquídeos, sobre la parte basal de estos se localizan las flores femeninas y a lo largo de ellos las masculinas. Las primeras son estructuras globosas de 25 mm de diámetro y las segundas son pequeñas, numerosas, con apariencia de semillas. Para los programas de mejoramiento genético del cocotero, es primordial conocer su biología floral, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar los principales caracteres florales del híbrido chactemal (Acapulco x Criollo Alto Felicitos). El estudio se realizó entre marzo y julio del 2023 en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar, Quintana Roo, se trabajaron 9 plantas y se monitorearon 25 inflorescencias del híbrido chactemal. En cada inflorescencia se registró la fecha de inicio y término de la

¹ INIFAP - Campo Experimental Chetumal. Km. 25 Carretera Chetumal-Bacalar, Xul - Há, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. C.P. 77963. ²INIFAP - Campo Experimental Huimanguillo. Km. 1 Carretera Huimanguillo - Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400. *Autor para correspondencia: ramos.eder@inifap.gob.mx

A collage of four images. The top image shows a close-up of a person's hands sorting through a large pile of colorful cocoa pods (yellow, orange, and green) under a palm tree. The second image shows a cow standing in a lush green field. The third image is a duplicate of the top image, showing a person harvesting cocoa pods. The bottom image is a duplicate of the second image, showing a cow in a field.

Literatura citada

Sangare, A., Rognon, F., & Nuce de Lamothe, M. D. (1978). Les phases mâles et femelles de l'inflorescence de cocotier. Influence sur le mode de reproduction. Oléagineux, 33(12): 609-617.

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE EXTRAÍDO DE LAS SEMILLAS DE CACO (*Chrysobalanus icaco* L).

Abel Arce Ortiz¹, Luis Jorge Corzo Ríos², Zandy Evelyn Olivo Vidal¹, Cristian Jiménez Martínez³ y Xariss Miryam Sánchez Chino^{1*},

Resumen

Chrysobalanus icaco L. conocido localmente como Caco, pertenece a la familia Chrysobalanaceae, es originaria tanto de América tropical como de África¹. Los frutos maduros son consumidos en forma de conservas, jaleas y bebidas refrescantes², mientras sus semillas son desechadas o son poco consumidas, estas semillas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados³, por lo que podrían incorporarse a la alimentación. Los frutos maduros de Caco se colectaron en la Bahía de Paredón, municipio de Tonalá Chiapas (Coordenadas: 16°03'03"N 93°52'00"O), para la obtención de las semillas, se retiró la pulpa blanca y algodonosa del fruto, estas fueron secadas en un horno de convección a 40 °C por 72 horas. Posteriormente, las semillas fueron molidas hasta obtener una harina y tamizado mediante una malla número 30⁴. La extracción del aceite de la semilla de Caco (ASC) se obtuvo desgrasando la harina con hexano (1:10 a 65 -70 °C) durante 8 h mediante el método Soxhlet⁵. Posteriormente, los residuos del solvente presentes en el aceite fueron eliminados en una estufa de secado a vacío a 70 °C, durante 4 horas. Se evaluó la caracterización fisicoquímica del ASC mediante las técnicas descritas por la AOAC⁵. El rendimiento promedio del ASC fue de 42.22±0.44% y los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron: Peso Específico (PE: 0.939±0.01 g/mL), Índice de Refracción (IR: 1.52±0.00), Índice de Acidez

¹ Departamento de Salud. El Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa, Carretera a Reforma Km. 15.5 s/n Ra., Guineo 2da. Sección, Tabasco C.P. 86280. ² Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional. Av. Acueducto, La Laguna Ticomán, C.P. 07340. Delegación Gustavo A. Madero, CDMX, México. ³ Departamento de Ingeniería Bioquímica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Av. Wilfrido Massieu 399, Nueva Industrial Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero, CDMX C.P. 07738.
e-mail: xsanchez@ecosur.mx

(IA: 1.18 ± 0.03 mg KOH/g), Índice de Saponificación (IS: 181.48 ± 1.83 mg KOH/g), Índice de Yodo (IY: 78.60 ± 0.71 g I₂ /100 g de aceite), Índice de Peróxido (IP: 5.99 ± 0.02 Meq.O₂/kg de aceite) y el Índice de Esteres (IE: 179.84 ± 0.82 mg KOH/g). El IR fue similar a lo obtenido para aceite de oliva (1.48 ± 0.00)⁶. Por otro lado, el IA fue menor a lo reportado para aceite extraído de semillas de aguacate (2.85 ± 0.01 mg KOH/g)⁷ y el IY menor a lo obtenido para aceite de ricino (76.93 ± 0.39 g I₂ /100 g de aceite). Por lo tanto, el alto contenido de aceite e IY que indica la presencia de ácidos grasos poliinsaturados en el ASC, lo convierten como un aceite para ser consumido en la dieta o como un vehículo para compuestos bioactivos liposolubles o bien otros posibles usos que podría tener en la industria farmacológica para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y dislipidémicos, siendo esta una propuesta de un residuo alimenticio.

Palabras claves: semillas de Caco, extracción de aceite, caracterización fisicoquímica

Referencias:

1. Silva, I. M., y Peixoto, A. L. (2009). O abajurú (*Chrysobalanus icaco* L. e *Eugenia rotundifolia* Casar.) comercializado na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, 325-332.
2. Vargas, C. E., Mendes, M. F., Azevedo, D. A., Pessoa, F. L., y Uller, A. C. (2010). Extraction of the essential oil of abajeru (*Chrysobalanus icaco*) using supercritical CO₂. *The Journal of Supercritical Fluids*, 54(2), 171-177.
3. Onilude, H. A., Kazeem, M. I., y Adu, O. B. (2021). *Chrysobalanus icaco*: A review of its phytochemistry and pharmacology. *Journal of Integrative Medicine*, 19(1), 13-19.
4. Ghafoor, K., Choi, Y. H., Jeon, J. Y., y Jo, I. H. (2009). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(11), 4988-4994.
5. Official Methods of Analysis of AOAC International. (2019). Agricultural Chemicals; Contaminants; Drugs. AOAC International.
6. Paucar-Menacho, L., Salvador-Reyes, R., Sánchez, J. G., Robles, J. C., y Rojo, C. M. (2015). Comparative study of physical-chemical features of sachá inchi oil (*Plukenetia*

volubilis L.), olive oil (*Olea europaea*) and fish oil. *Scientia agropecuaria*, 6(4), 279-290.

7. Akusu, O. M., Obinna-Echem, P. C., y Chibor, B. S. (2021). Comparative analysis of the physicochemical characteristics, phytochemical components and fatty acid profile of avocado pear (*Persea americana L*) pulp and seed oil. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 11-17.

CREDITOS EDITORIALES

Coordinación general

Dr. Dante Sumano López

Compiladores

Dante Sumano López
María del Carmen Silverio Gómez
Grisel Cervantes Arau
Bertha Mejia Jauregui
Valeria Domínguez López

Formación y diseño

Diana Lizeth Fuentes Guzmán
Grisel Cervantes Arau
Valeria Domínguez López

Comité técnico evaluador

Dante Sumano López
Alfonso Azpeitia Morales
Manuel Barrón Arredondo
Sabel Barrón Freyre
Eduardo Daniel Bolaños Aguilar
Roberto Omar Castañeda Arriola
Blanca Patricia Castellanos Potenciano
Erika Belem Castillo Linares
Lorenzo Granados Zurita
José Miguel Hernández Cruz
Pablo Ulises Hernández Lara
Jorge Oliva Hernández
Jorge Quiroz Valiente
Miguel Ángel Ramírez Guillermo
Eder Ramos Hernández
Mario Rodríguez Cuevas
Sergio Salgado Velázquez
María del Carmen Silverio Gómez
Mauro Sierra Macías
Francisco Javier Ugalde Acosta
Marco Aurelio Aragón Magadan
Roberto Reynoso Santos
Jonathan Hernández Ramos
Jhibran Ferral Piña
Casimiro Ordoñez Prado
Rubén Barrera Ramírez
Eliut Santamaría Mayo
Armando Gómez Vázquez
Rufo Sánchez Hernández
Luis Eliezer Cruz Bacab
Rodolfo Osorio Osorio
Isabel Cristina Acosta Balcazar

Jesús Alberto Ramos Suárez
Julián Pérez Flores
Mepivoseh Castelán Estrada
David Jesús Palma López
Nydia del Rivero Bautista
Carlos Fredy Ortiz Garcia
Roberto De la Rosa Santamaría
Nélyda Solana Villanueva
Edith Hernández Nataren
Adolfo Bucio Galindo
Eustolia García López
Saúl Sánchez Soto
Ángel Sol Sánchez
José Jesús Obrador Olán
Elsa Chávez García
Juan Manuel Saldivar Cruz
José Padilla Vega
José Javier Isidro Jiménez
Aurora Ramírez Meneses
Samuel Córdova Sánchez
Leonides Córdova Ballona
Roberto Gutiérrez Burón
Elvia Moreno Calix
Claudia Virginia Zaragoza Vera
Maximiano Antonio Estrada Botello
Luis Ulises Hernández. Hernández
Jorge Alonso Peralta Torres
Pablo Medina Pérez
Pedro Víctor Obrador Olán
Armando Gómez Vázquez
Juan de Dios Mendoza Palacios
Carlos Alberto Lecona Guzmán

Rosa Margarita Hernández Velez
José Manuel Urrieta Saltijeral
Alberto Córdova Sánchez
Rosario del Carmen Realpozo Reyes
Raquel Jiménez Ramírez
Juana Marín Turriza
Lilia Fraire Sierra
Ana Guadalupe Sánchez Luna
Martha Patricia Ávila Vargas
Héctor Andrade Prado
Héctor Sandoval Villa
Eduardo Lleverino González
María Teresa Cadenas González
Arturo Pérez Vázquez
Zendy Evelyn Olivo Vidal
Pablo José Palma Cancino
José German Nic-Matos
Fermín Ledesma Domínguez
Marcial Castillo Álvarez
Román Roberto Vázquez Rendón
Odilón Manuel Sánchez Sánchez
Elizabeth Argüello García
Marynor Elena Ortega Ramírez
Agrícola Arrieta Rivera
Reyna González de la Cruz
Adalberto Galindo Alcántara
Ismael Valencia Hernández
Silvia del Carmen Ruiz Acosta
Bernardino Ramírez Hernández
Hortensia Brito Vega