



Mexican Journal of Technology and Engineering

e-ISSN: 2954-5161

Volumen 3 Número 2



Consejo editorial

Editores

Dr. José Fernando Méndez González
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo

Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

Editores de área

Ciencias Químico-Biológicas

Dr. Francisco Javier Martínez Valdez
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dr. Raziel Jesús Estrada Martínez
Universidad Tecnológica de Tecámac

Ciencia y Tecnología de Alimentos

Dr. Luis Víctor Rodríguez Durán
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Ciencias Agropecuarias

Dr. José Miguel Ángel Castillo Minjarez
Universidad Tecnológica de Tecámac

Ingeniería y Desarrollo Tecnológico

Dr. José Fernando Méndez González
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo

Ciencias Sociales y Humanidades

Dr. Cesaire Chiatchoua
Instituto Politécnico Nacional-ESE

Comité editorial

Dr. Jesús Gerardo Saucedo Castañeda
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Maribel Quezada Cruz
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dra. Enaim Aída Vargas León
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dr. José Juan Buenrostro Figueroa
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo

Dra. Josefa Espitia López
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dra. Ma. Guadalupe Bustos Vázquez
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Dra. Lilianha Domínguez Mafavón
Worcester Polytechnic Institute

Dr. Emmanuel Agustín Reynoso López
Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Paul Misael Garza López
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dr. Martin Celli
Universidad Autónoma Metropolitana

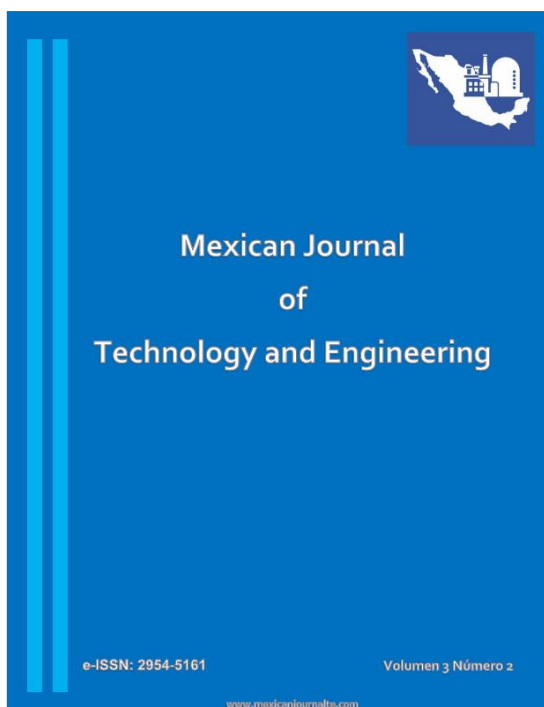
Dr. Gerardo Atlantis Gómez Ramos
Universidad Veracruzana

Dra. Esperanza Trenado Sánchez
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Moise Djepang Kouamo
University of Doula

Dra. María del Carmen Lozano Arizmendi
Universidad la Salle México

Mtra. Lucía Beltrán Castillo
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán



Mexican Journal of Technology and Engineering es una publicación cuatrimestral (Vol. 3, No 2, mayo-agosto de 2024) editada por los doctores José Fernando Méndez González y Rafael Alejandro Angel Cuapio. Difusión y soporte digital vía internet www.mexicanjournalte.com, editorial@mexicanjournalte.com. Editor Responsable: Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio, con dirección en Norte 8, #214, Col. Santa Cruz, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, CP 56617, angelcuapio@gmail.com. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-063018102800-102, e-ISSN: 2954-5161, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El responsable de la última actualización de este número fue el Dr. José Fernando Méndez González. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de la manera de pensar del Consejo y/o Comité Editorial. El contenido de la revista está disponible bajo los términos de licencia CC BY-NC-SA 4.0

[Mexican Journal of Technology and Engineering, Vol. 3, No. 2](#) © 2024 by [Sociedad Mexicana de Tecnología, Ingeniería y Humanidades](#) is licensed under [CC BY-NC-SA 4.0](#)



Contenido

Artículos de divulgación científica

- Venenos animales como fuente de medicamentos: Más allá del peligro4-12
A. Ordaz-Hernández, M. Corona-Ramírez, M. Herrera-Martínez y M. González-Vazquez.

Publicaciones regulares

Ciencia y Tecnología de Alimentos

- Revisión: Principales hongos y micotoxinas presentes en la cebada (*Hordeum vulgare*).....13-24
A. Vega-Domínguez, A. Quintero-Lira, J. Espitia-López, V. A. Ibarra-Medina, J. Piloni-Martini y C. U. López-Palestina.

Ciencias Agropecuarias

- Reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en palma dátíl en Baja California México25-31
M. Ramos-Lima y F. Ortega-Ramírez.

- Degradación microbiológica y enzimática de forraje de alfalfa para consumo de ganado lechero y rumiantes32-39
L. A. Valdez-Muñoz, P. M. Garza-López, B. Flores-Chávez, A. Quintero-Lira, J. Piloni-Martini y J. Espitia-López.

Ingeniería y Desarrollo Tecnológico

- Eficiencia de la limpieza por ultrasonido en tinas para aplicaciones industriales40-45
O. Cepeda, S. Silva, M. Hernández y H. Flores.

Anexos de la publicación

- Guía para autores.....46-49



Artículo de divulgación científica

<https://doi.org/10.61767/mjte.003.2.0412>

Ordaz-Hernández et al., 2024

Recibido: 31-07-2024

Revisado: 11-08-2024

Aceptado: 12-08-2024

Publicado: 10-09-2024

Venenos de animales como fuente de medicamentos: Más allá del peligro

Animal venoms as a source of medicines: Going beyond the danger

A. Ordaz-Hernández^{1*}, M. Corona-Ramírez¹, M. Herrera-Martínez¹ y M. González-Vázquez¹

¹ Instituto de Farmacobiología, Universidad de la Cañada, Carretera Teotitlán - San Antonio Nanahuatipán Km 1.7 s/n., Paraje Titlacuatitla, Teotitlán de Flores Magón, C.P. 68540, Oaxaca, Oaxaca, México.

*Correspondencia: armandohdz@unca.edu.mx

Resumen

En la naturaleza encontramos animales que han desarrollado la capacidad de producir sustancias tóxicas para inmovilizar a sus presas o para defenderse de los depredadores. Estas sustancias, conocidas como “venenos”, también representan un riesgo para los mamíferos, incluyendo al humano, ya que contienen toxinas y enzimas que afectan el funcionamiento normal del sistema respiratorio, inmune, cardiovascular y nervioso. No obstante, gracias a los avances científicos el concepto de los venenos ha cambiado de ser sustancias peligrosas a ser tesoros naturales para la medicina. Hasta ahora se ha descubierto que las toxinas y otros componentes poseen propiedades antimicrobianas, antitumorales, hipoglucemiantes, hipotensoras, analgésicas, anticoagulantes, y otras más, que han permitido el desarrollo de medicamentos e impulsado la aplicación innovadora de los componentes del veneno en el diagnóstico clínico y la cosmética. Se espera que en el futuro se desarrollen más medicamentos, y surjan nuevas aplicaciones para los componentes del veneno de animales. Al respecto, la diversidad de animales venenosos que existe en nuestro país podría ser clave para descubrir nuevos compuestos bioactivos.

Palabras clave: Veneno de animales, toxinas, péptidos, enzimas, medicamentos.

Abstract

In nature, we find animals that have developed the ability to produce toxic substances to immobilize their prey or defend themselves from predators. These substances, known as “venoms,” also pose a risk to mammals, including humans, as they contain toxins and enzymes that affect the normal functioning of the respiratory, immune, cardiovascular, and nervous



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

systems. However, it's important to note that scientific advances have played a crucial role in shifting the concept of venoms from hazardous substances to natural treasures for medicine. To date, it has been discovered that toxins and other components possess antimicrobial, antitumor, hypoglycemic, hypotensive, analgesic, and anticoagulant properties. These properties have enabled the development of medications and boosted innovative applications of venom components in clinical diagnostics and cosmetics. More medications and new applications for animal venom components are expected to be developed in the future. In this regard, our country's diversity of venomous animals could play a pivotal role in discovering new bioactive compounds.

Keywords: Animal venoms, toxins, peptides, enzymes, drug development.

1. Introducción

Ciertos animales producen sustancias peligrosas para el ser humano que denominamos habitualmente como “venenos”. Dichas sustancias sirven para inmovilizar o matar presas, y como mecanismo de defensa contra enemigos naturales, dado que los venenos contienen toxinas y otros componentes que llegan a ser perjudiciales o letales. Después de muchos años de investigación se ha modificado la precepción que se tenía sobre los venenos animales: anteriormente eran considerados peligrosos y sin utilidad médica, pero ahora se consideran tesoros naturales para desarrollar nuevos medicamentos. Hasta el momento se han aprobado algunos medicamentos formulados con moléculas aisladas del veneno de reptiles (lagarto de Gila y serpientes), artrópodos (ciempiés, alacranes, arañas), anfibios (ranas, sapos), himenópteros (abejas, hormigas, avispas), moluscos (caracoles), y anélidos (sanguijuela), aunque existen más moléculas que están en fase de evaluación y en lista de espera para ser aprobadas en el futuro. No obstante, el camino que debe seguirse desde el descubrimiento de una molécula activa hasta su comercialización como medicamento es largo, complejo y costoso, dado que se requieren numerosos estudios *in vitro* e *in vivo* que demuestren la seguridad y eficacia de las moléculas, conforme a las exigencias de las agencias reguladoras de medicamentos a nivel mundial. Hasta el momento, algunas moléculas han sido la base para el desarrollo de antibióticos, antifúngicos, analgésicos, antihipertensivos,

antivirales, anticancerígenos, inmunomoduladores, y otros medicamentos.

En este trabajo se describen casos exitosos de medicamentos desarrollados a partir de moléculas aisladas del veneno de animales, así como aplicaciones emergentes extendidas hacia el diagnóstico clínico y la cosmética.

2. Venenos de animales, ¿Por qué son tan peligrosos?

El veneno de los animales se produce normalmente en glándulas especializadas que se encuentran en la piel, órganos cercanos a la boca o en áreas próximas a un aguijón. Dicho veneno se puede introducir en un ser vivo mediante colmillos, un aguijón, dientes, o tubos especializados llamados nematocistos (Casewell *et al.*, 2013). La función biológica del veneno es inmovilizar o matar presas, sin embargo, también sirve como mecanismo de defensa contra algún depredador o agresor, incluyendo al hombre. La razón principal por la cual el veneno de algunos animales llega a ser tan peligroso para el humano es porque contiene moléculas llamadas “toxinas”, que junto a otras moléculas llamadas péptidos y enzimas, favorecen el proceso de envenenamiento (Gopalakrishnakone & Malhotra, 2017). En el veneno también se pueden encontrar otras sustancias, como neurotransmisores, sales minerales, carbohidratos y agua, pero estos componentes no participan directamente en el proceso de envenenamiento. Las toxinas pueden provocar



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

daños leves, moderados o graves en las personas, debido a que comprometen el funcionamiento normal del sistema nervioso, cardiovascular, respiratorio e inmunológico, además pueden causar daños en los vasos sanguíneos y alterar el

proceso de coagulación de la sangre, e inclusive provocar degradación del tejido muscular (Kini & Utkin, 2023).

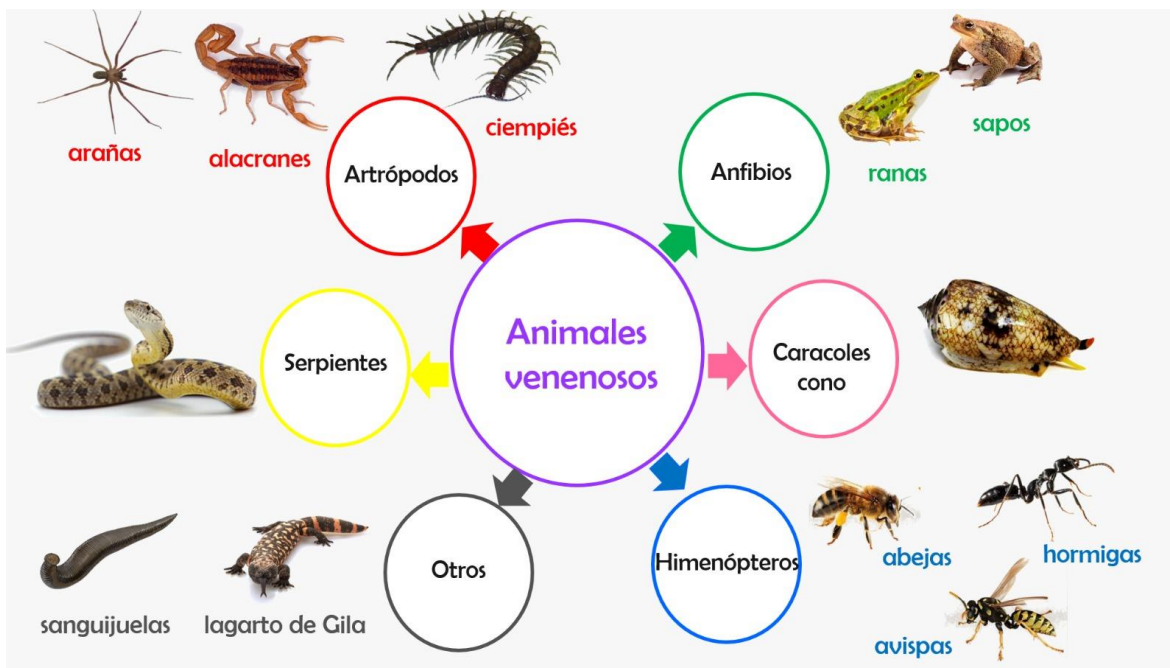


Figura 1. Animales que producen veneno con potencial terapéutico.

3. Los venenos animales son tesoros naturales para la medicina

En la naturaleza existen cerca de 220,000 especies de animales que desarrollaron la habilidad de producir veneno, lo cual equivale aproximadamente al 15% de la biodiversidad animal del planeta (Rodríguez-Solís, 2019). Dentro de los diferentes organismos encontramos especies terrestres y acuáticos, tanto invertebrados (erizo de mar, corales, gusanos, caracoles, crustáceos, insectos, ciempiés y arañas), como vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves e incluso mamíferos) (Figura 1).

Esta diversidad de animales venenosos ha cautivado por muchos años a varias culturas del mundo y algunas de ellas se han arriesgado poco

a poco utilizar los venenos en la medicina tradicional para tratar enfermedades. Por ejemplo, el veneno de abeja se ha utilizado en Asia oriental desde el siglo II a.C. para tratar la artritis. En cambio, la secreción de la sanguijuela se ha utilizado por algunas culturas de Egipto, India, Grecia y Arabia para tratar la inflamación, enfermedades de la piel, dolores reumáticos y problemas reproductivos (Herzig, 2021). Con el paso del tiempo, se han sumado varios hallazgos científicos sobre el potencial terapéutico que poseen los componentes derivados del veneno de animales (Figura 2).



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024



Figura 2. Principales aplicaciones terapéuticas de los componentes del veneno de animales

La mayoría de ellos reportan la presencia de toxinas, péptidos (cadena de 2 a 50 aminoácidos), y en menor grado de proteínas y sustancias inorgánicas, que poseen propiedades antimicrobianas, antivirales, analgésicas, anticancerígenas, antiparasitarias, inclusive contra enfermedades crónico-degenerativas como diabetes, artritis, y otras más (Joglekar *et al.*, 2022; Díaz *et al.*, 2024). Citando ejemplos específicos, el veneno de cobra (*Naja naja*) contiene la proteína NN-32 con potencial para tratar tumores y aliviar el dolor; en tanto, que en el veneno de la mamba negra (*Dendroaspis polylepis*) se encuentra el péptido calciseptina, que es capaz de reducir la hipertensión. El veneno de caracol (*Conus catus*) contiene el péptido conotoxina con gran potencial para aliviar el dolor intenso. En la piel de algunas ranas (especies Phyllobates) existen los alcaloides llamados batracotoxinas que actúan como agentes anticonvulsivos, analgésicos y antiarrítmicos; incluso se han identificado otros alcaloides como las pumiliotoxinas, que muestran actividad analgésica más potente que la morfina, el fármaco aislado de la planta de la amapola que se utiliza en medicina para aliviar dolores muy intensos (Joglekar *et al.*, 2022). También, se han aislado péptidos con propiedades antimicrobianas del veneno de alacranes, avispas,

ranas y sapos, especialmente contra bacterias y levaduras (Yacoub *et al.*, 2020). Además, en el veneno de alacranes, arañas, abejas, y avispas, se encuentran toxinas y otros péptidos que activan o disminuyen la respuesta de las células del sistema inmune, así que son fuertes candidatos para tratar enfermedades autoinmunes (artritis, nefropatías, dermatitis, esclerosis múltiple, lupus eritematoso sistémico), y neurodegenerativas (enfermedad de Alzheimer y Parkinson, isquemia cerebral, glaucoma, esclerosis lateral amiotrófica y esclerosis múltiple) (Minutti-Zanella *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2019).

4. Los venenos de animales sirven para desarrollar medicamentos

Después de muchos años de investigación se lograron comercializar los primeros medicamentos elaborados con moléculas aisladas del veneno de animales (Bordon *et al.*, 2020; Ghosh *et al.*, 2019). Para ser precisos, el tiempo que tomó desarrollar un medicamento desde el descubrimiento de la molécula activa hasta su comercialización osciló entre 10 a 15 años, y durante este proceso se cumplieron las normas requeridas por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés de Food and Drug Administration) (Bordon *et al.*, 2020). En 1981 se lanzó al mercado el Captopril®, este producto contiene un péptido aislado del veneno de una víbora sudamericana (*Bothrops jararaca*), que sirve para tratar pacientes con presión arterial elevada (hipertensión). En años posteriores, surgieron otros medicamentos derivados de las toxinas encontradas en el veneno de serpientes, como es el AGRASTAT® (Tirobifan) E INTEGRILIN® (Eptifibatida), que son inhibidores potentes de la agregación plaquetaria, así que se usan para prevenir infartos al corazón al reducir la formación de coágulos sanguíneos. Con varios casos de éxito, surgió la motivación por desarrollar el producto PRIALT®, a partir del compuesto ziconotida aislado de un caracol de mar (*Conus magnus*), que se prescribe a los



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

adultos para tratar el dolor grave crónico. Otros medicamentos como el BYETTA® (péptido exenatida) y LYXUMIA® (péptido lixisenatida) se sumaron a la lista de éxitos, en este caso, se formularon con los péptidos encontrados en el veneno secretado por el monstruo de Gila (*Heloderma sospechoso*), dichos péptidos poseen la capacidad de reducir niveles de glucosa en pacientes con diabetes tipo II (propiedades hipoglucemiantes). El medicamento Angiomax RTU® se aprobó en 2019 y contiene el péptido bivalirudin que se aisló de la saliva de una sanguijuela (*Hirudo medicinalis*). Cabe mencionar que, en años anteriores, la saliva de la sanguijuela

condujo al desarrollo de los anticoagulantes Angiomax® (Bivalirudina) e Iprivask® (desirudina). En la figura 3 y tabla 1 se describen los avances obtenidos en el desarrollo de medicamentos de manera cronológica y de manera más detallada para una mejor comprensión (Bordon *et al.*, 2020). Cabe mencionar que varios compuestos derivados del veneno de animales se encuentran en diversas etapas de experimentación (estudios preclínicos y/o clínicos) y en lista de espera para ser aprobados por la FDA, así que en los próximos años encontraremos otros medicamentos novedosos en el mercado.

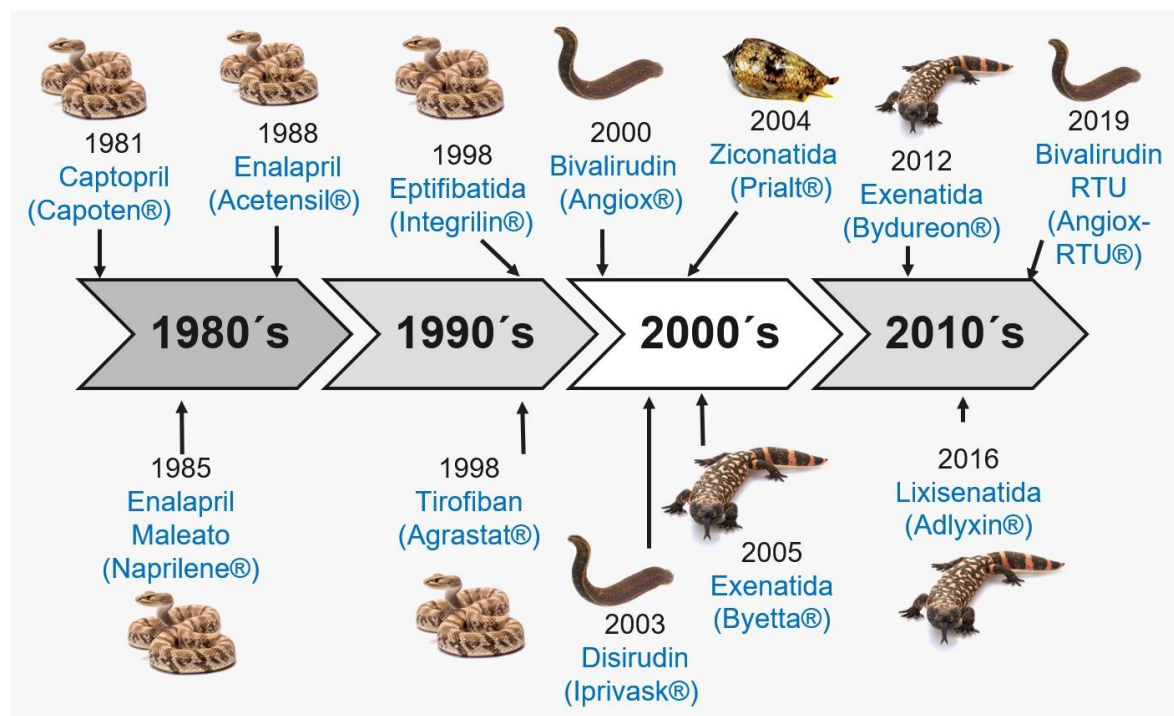


Figura 3. Línea del tiempo de medicamentos derivados del veneno de animales aprobados por la FDA



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

Tabla 1. Características de los medicamentos aprobados por la FDA para uso clínico (Fuente: Bordon *et al.*, 2020; Ghosh *et al.*, 2019).

Medicamento y año de aprobación	Especie de origen	Mecanismo de acción	Uso clínico
Captopril (Capoten®) 1981	Serpiente <i>Bothrops jararaca</i>	Inhibición de la enzima convertidora de la angiotensina	Hipertensión arterial
Enalapril Maleate (Naprilene®) 1985			
Enalapril (Acetensil®) 1988			
Eptifibatide (Integrilin®) 1998	Serpiente <i>Sistrurus miliariu barbouri</i>	Inhibición específica del receptor de la glicoproteína de la membrana plaquetaria (GP IIb-IIIa)	Síndrome coronario agudo
Tirofiban (Agrastat®) 1998	Serpiente <i>Echis carinatus</i>		
Bivalirudin (Angiomax®) 2000	Sanguijuela <i>Hirudo medicinalis</i>	Anticoagulante: inhibición específica y reversible de la trombina	Intervención coronaria percutánea Profilaxis antitrombótica, después de la cirugía ortopédica
Bivalirudin Angiomax RTU® 2019			
Desirudin (Iprivask®) 2003			
Ziconotide (Prialt®) 2004	Caracol de mar <i>Conus magnus</i>	Bloqueador selectivo y reversible de los canales de calcio neuronales	Dolor crónico severo
Exenatide (Byetta®) 2005	Lagarto monstruo de Gila <i>Heloderma sospechosum</i>	Agonista del receptor de glucagón-like peptide-1	Diabetes mellitus tipo II
Exenatide (Bydureon®) 2012			
Lixisenatide (Adlyxin®) 2016			



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

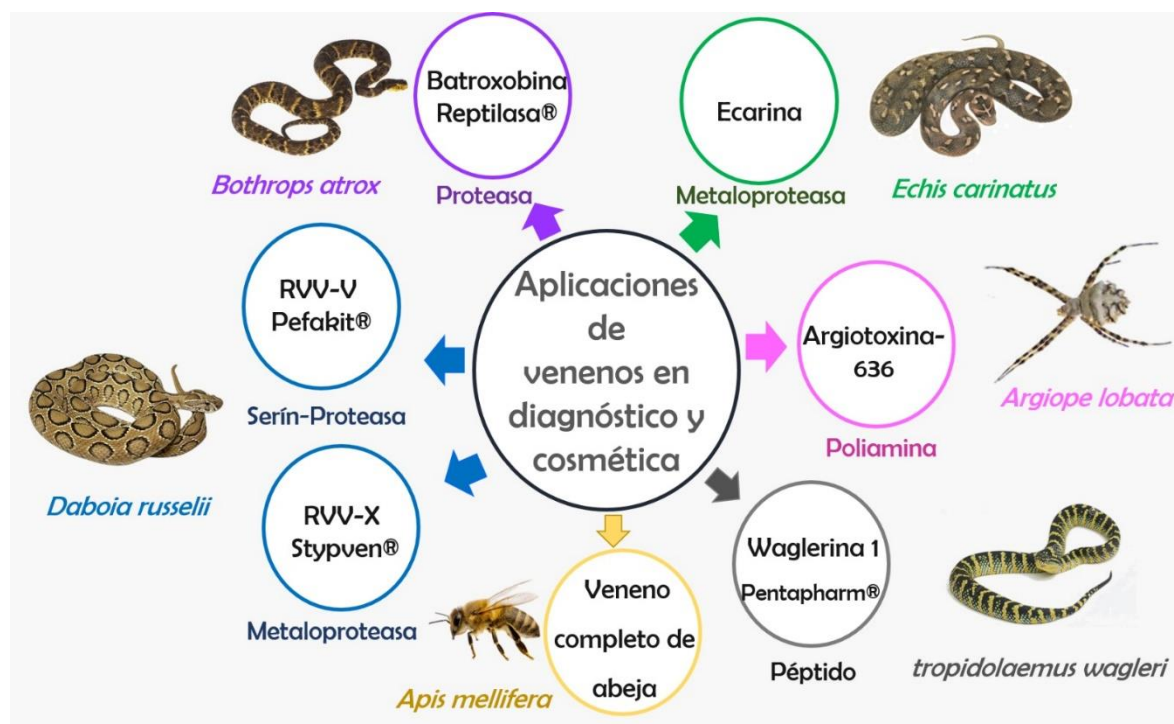


Figura 4. Moléculas aisladas del veneno de animales que se usan en diagnóstico clínico y formulaciones cosméticas

5. Aplicaciones innovadoras de los venenos

Los compuestos aislados del veneno de animales se han utilizado principalmente en el tratamiento de enfermedades, sin embargo, en los últimos años surgieron aplicaciones novedosas (figura 4). Una de estas aplicaciones surgió en el diagnóstico clínico con el uso de la batroxobina, una toxina extraída del veneno de la serpiente llamada *Bothrops moojeni*; en este caso en particular, la batroxobina mide el fibrinógeno y el tiempo de coagulación en los pacientes que sufren de trastornos de la sangre. Otro caso más surgió con el uso de las enzimas serín proteasa RVV-V y la metaloproteasa RVV-X, que están presentes en el veneno de la serpiente de Russell (*Daboia russelii*). La serín proteasa RVV-V se utiliza para detectar los niveles del factor de coagulación V en plasma sanguíneo, y la metaloproteasa RVV-X para activar el factor X al factor Xa (Ghosh *et al.*, 2019; Utkin *et al.*, 2019). Por otro lado, la

metaloproteasa ecarina, que se recuperó del veneno de serpiente (*Echis carinatus*), se utiliza en ensayos de coagulación o en la detección de trombina (Francischetti & Gil, 2019).

En la cosmética se impulsó el diseño de productos que previenen la aparición de arrugas basándose en el uso del veneno de abeja, y el tripéptido sintético [dipéptido diaminobutiroil bencilamida diacetato (H-β-Ala-Pro-Dab-NHBzl x 2 AcOH)], que imita al péptido waglerina 1 aislado del veneno de una serpiente (*Tropicodolaemus wagleri*) (Han *et al.*, 2015). Otro avance evidente fue la formulación de productos para el blanqueamiento de la piel con la poliamina denominada Argiotoxina-636, la cual se aisló del veneno de una araña (*Argiope lobata*) (Nguyen *et al.*, 2020; Verdoni *et al.*, 2016; Zhang & Falla, 2009). En los próximos años, se espera que surjan nuevos productos y aplicaciones novedosas para las moléculas presentes en los venenos de animales.



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

6. Conclusión

Por ahora, es necesario ampliar el conocimiento sobre las propiedades terapéuticas que posee el veneno de numerosas especies de animales venenosos, dado que a la fecha se ha explorado un número limitado. Esto abre la posibilidad de encontrar moléculas nuevas con propiedades antimicrobianas, inmunomoduladoras, antivirales, antitumorales, analgésicas, y otras más que aún no se han reportado. Conforme la investigación madure, se pueden explorar aplicaciones emergentes enfocadas al cuidado de la salud humana.

7. Referencias

1. Bordon, K.C.F., Cologna, C.T., Fornari-Baldo, E.C., Pinheiro-Júnior, E.L., Cerni, F.A., Amorim, F.G., & Arantes, E.C. (2020). From animal poisons and venoms to medicines: achievements, challenges and perspectives in drug discovery. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 1132. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01132>.
2. Ghosh, A., Roy, R., Nandi, M. et al. (2019). Scorpion venom-toxins that aid in drug development: a review. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics* 25, 27–37. <https://doi.org/10.1007/s10989-018-9721-x>.
3. Herzig, V. (2021). Animal Venoms-Curse or Cure?. *Biomedicines*, 9(4), 413. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9040413>.
4. Joglekar, A.V., Dehari, D., Anjum, M.M. et al. (2022). Therapeutic potential of venom peptides: insights in the nanoparticle-mediated venom formulations. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 8, 34. <https://doi.org/10.1186/s43094-022-00415-7>.
5. Kini, R.M. & Utkin, Y.N. (2023). Molecular Mechanisms of Animal Toxins, Venoms and Antivenoms. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(22), 16389. <https://doi.org/10.3390/ijms242216389>.
6. Minutti-Zanella, C., Gil-Leyva, E. J., & Vergara, I. (2021). Immunomodulatory properties of molecules from animal venoms. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 191, 54–68. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.12.018>.
7. Nguyen, JK, Masub, N. & Jagdeo, J. (2020). Bioactive ingredients in Korean cosmeceuticals: Trends and research evidence. *Journal of cosmetic dermatology*, 19(7), 1555–1569. <https://doi.org/10.1111/jocd.13344>.
8. Rodríguez-Solís, A.J., Villegas-Villarreal, E.C., & Corzo Burguete, G.A. (2019). Venenos animales, fuente para el desarrollo de agentes terapéuticos. *Inventio*, 15(36), 45–53. <https://doi.org/10.30973/inventio/2019.15.36/6>.
9. Utkin, Y.N, Vassilevski, A.A, Kudryavtsev, D., & Undheim, E.A.B (2019). Editorial: Animal toxins as comprehensive pharmacological tools to identify diverse ion channels. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 423. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00423>.
10. Verdoni, M., Roudaut, H., De Pomyers, H., Gimes, D., Bertin, D., Luis, J., & Mabrouk, K. (2016). ArgTX-636, a polyamine isolated from spider venom: A novel class of melanogenesis inhibitors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24(22), 5685–5692. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2016.08.023>.
11. Yacoub, T., Rima, M., Karam, M., & Fajloun, J.S.A.Z. (2020). Antimicrobials from venomous animals: An overview. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(10), 2402. <https://doi.org/10.3390/molecules25102402>.



Artículo de divulgación científica

Ordaz-Hernández et al., 2024

12. Yang, X., Wang, Y., Wu, C., & Ling, E. A. (2019). Animal Venom Peptides as a Treasure Trove for New Therapeutics Against Neurodegenerative Disorders. *Current medicinal chemistry*, 26(25), 4749–4774.
<https://doi.org/10.2174/0929867325666181031122438>.
13. Zhang, L & Falla, T. (2009). Cosmeceuticals and peptides. *Clinics in Dermatology* 27(5), 485–494.
<https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2009.05.013>.

**Artículo de Revisión**<https://doi.org/10.61767/mjte.003.2.1324>

Vega-Domínguez et al., 2024

Recibido: 11-07-2024

Revisado: 16-08-2024

Aceptado: 27-08-2024

Publicado: 10-09-2024

Revisión: Principales hongos y micotoxinas presentes en la cebada (*Hordeum vulgare*)**Review: Main fungi and mycotoxins present in barley (*Hordeum vulgare*)****A. Vega-Domínguez¹, A. Quintero-Lira¹, J. Espitia-López¹, V. A. Ibarra-Medina¹, J. Piloni-Martini^{1*} y C. U. López-Palestina¹**¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias (UAEH), Avenida Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, 43600 Tulancingo, Hgo.*Corresponding author: javier_piloni7632@uaeh.edu.mx**Resumen**

La cebada es un cultivo de gran importancia a nivel mundial y particularmente en México, ya que es reconocida por su adaptabilidad ambiental, además de que forma parte de numerosos procesos industriales, destacándose en la producción de cerveza y whisky, y también es utilizada como alimento para animales. Sin embargo, este grano está expuesto a diversos riesgos, especialmente la contaminación por hongos durante su ciclo de cultivo, cosecha y almacenamiento. Los hongos más frecuentes son *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, estos producen metabolitos tóxicos conocidos como micotoxinas, y dentro de las que se pueden encontrar en la cebada son las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos y zearalenona. Debido a esto, el objetivo de la presente investigación es recabar información de referencias bibliográficas acerca de las micotoxinas que pueden presentarse en la cebada, así como sus efectos adversos en los humanos y los animales por su consumo, además de su detección por medio de la aplicación de métodos analíticos, incluyendo sus límites de consumo permisibles por organizaciones como la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), e incluso su prevención y control mediante controles mecánicos, físicos y químicos.

Palabras clave: cebada, hongo, micotoxinas.**Abstract**

Barley is a crop of great importance worldwide and particularly in Mexico, as it is recognized for its environmental adaptability, in addition to being part of numerous industrial processes, standing out in the production of beer and whiskey, and it is also used as animal feed. However, this grain is exposed to various risks, especially contamination by fungi during its cultivation,



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

harvest and storage cycle. The most common fungi are *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*, these produce toxic metabolites known as mycotoxins, and among those that can be found in barley are aflatoxins, fumonisins, ochratoxins, trichothecenes and zearalenone. For this reason, the objective of this research is to gather information from bibliographical references about the mycotoxins that may be present in barley, as well as their adverse effects on humans and animals due to their consumption, in addition to their detection through the application of analytical methods, including their permissible consumption limits by organizations such as the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), and even their prevention and control through mechanical, physical and chemical controls.

Keywords: barley, fungus, mycotoxins.

1. Introducción

La cebada (*Hordeum vulgare*) está posicionado como el cuarto cultivo más importante después del maíz, arroz y trigo, tanto a nivel global como en México (Zhu, 2017), donde se produce en grandes cantidades junto con otros granos básicos e industriales. Este grano se destaca por su producción mundial significativa, obteniendo una cifra de más de 154 millones de toneladas en el 2022 (FAO, 2024a), en el que México aportó cerca de un millón de toneladas, teniendo como principales estados productores Guanajuato e Hidalgo (INEGI, 2023). La cebada se ha convertido en una materia prima para diversas aplicaciones, en la industria es usada para la elaboración de cerveza, whisky y alimento para animal como forraje (Lamenca-Palacio, 2015). A pesar de su importancia y producción, la cebada está expuesta a diversos riesgos, especialmente por la contaminación de hongos durante su cultivo, cosecha y almacenamiento (Requena *et al.*, 2005; Marrez & Ayes, 2022), afectando tanto la calidad como la seguridad alimentaria del producto (SAGARPA, 2016; Lugo-Melchor *et al.*, 2017). Los hongos a determinada humedad relativa y temperatura pueden producir micotoxinas que son un grupo de metabolitos secundarios producidos por ciertas especies de hongos, generalmente *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Lugo-Melchor *et al.*, 2017; Juraschek *et al.*, 2022). Las micotoxinas que se encuentran comúnmente en la cebada incluyen las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos y zearalenona (SAGARPA, 2016), afectando principalmente al hígado y los riñones,

debido a que son los órganos donde se realiza su biosíntesis a partir de moléculas de acetato, piruvatos, etc., además, también llegan a dañar al sistema hematológico, inmunológico, neurológico y respiratorio (Pernica *et al.*, 2019). Estas toxinas pueden causar una variedad de enfermedades, tanto en humanos como en animales, y se clasifican en agudos, que resultan de su ingestión de altas concentraciones en un lapso corto, y los crónicos, que se derivan de la ingestión de bajas cantidades a largo plazo, como la hepatotoxicidad, efectos endocrinos, mutagenicidad, carcinogenicidad, entre otros (González-Peñas, 2020; Marrez & Ayes, 2022).

2. Definición de cebada

El concepto de "grano" se emplea para referirse a productos destinados tanto al consumo humano como animal, además de su uso como materia prima en la industria alimentaria (Lugo-Melchor *et al.*, 2017). En México, se produce alrededor de 900 cultivos, dentro de los cuales se encuentran los granos básicos como el maíz, frijol, trigo y arroz, hasta los granos industriales como el sorgo, avena y cebada (Lugo-Melchor *et al.*, 2017; SADER, 2022). El grano de la cebada (*Hordeum vulgare*), tiene como longitud de 6.0 a 9.5 mm y de ancho de 1.5 a 4.0 mm. Mientras que su planta posee hojas ceñidas y un color verde más claro comparada con el trigo, sus flores tienen tres estambres y un pistilo con dos estigmas. Cabe mencionar, que las exigencias en cuanto al clima son pocas, sin embargo, crece mejor en ambientes frescos y moderadamente secos con precipitaciones de 400 a 600 mm anuales.



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

Requiere pocas unidades de calor para su madurez fisiológica y se desarrolla a altitudes que van de 1,800 a 3,000 msnm, además, tolera la salinidad, pero no los suelos encharcados y arcillosos, y puede desarrollarse en suelos poco profundos, pedregosos y bien drenados con pH de 6 a 8.5. Esto se debe a su evolución genética, mostrando una notable adaptabilidad ambiental en contraste con otros cultivos que carecen de esta habilidad (SAGARPA, 2016; SIAP, 2017). Teniendo una producción de este cultivo en el 2022 de 154,877,139.86 toneladas a nivel mundial (FAO, 2024a), y en México se obtuvieron 969,912.9 toneladas, donde el Estado de Hidalgo se posicionó como el segundo estado productor con 147,448 toneladas, seguido de Guanajuato (INEGI, 2023). La cebada es un grano versátil que se emplea el de mayor calidad para la elaboración de malta, cerveza y whisky, representando el 21 % de toda la producción total a nivel mundial. Sin embargo, la mayor parte de la producción se destina para el consumo animal, con un 70 % como forraje, mientras que menos del 6% para consumo humano directamente (Lamenca-Palacio, 2015; Simón & Golik, 2022).

3. Composición química

Los componentes principales de la cebada incluyen carbohidratos, fibra, proteínas, minerales, lípidos y vitaminas. Los carbohidratos representan entre 78 al 83% de peso seco del grano, comprendiendo algunos monosacáridos como glucosa y fructosa, disacáridos como sacarosa y maltosa, oligosacáridos como rafinosa, y polisacáridos como almidón, fructanos, arabinoxilanos y β -glucanos (Geng *et al.*, 2022). En cuanto a las proteínas, su concentración es del 7 al 25%, siendo la hordeína la proteína más abundante con un 50%. No obstante, la fibra es el tercer componente más abundante, alcanzando hasta un 13.3% (Raj *et al.*, 2023). Mientras que los minerales pueden llegar a estar presentes en la cebada entre 2.5 a 3.1%, incluyendo el potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu) (Geng *et al.*, 2022). Así mismo, en menor concentración se encuentran los lípidos oscilando entre 3.12 a 3.56% (Krishnan *et al.*,

2023), siendo el endoespermo la parte del grano con la mayor cantidad, destacando la presencia predominante de triacilglicerol como lípido apolar, acompañados en menor medida por diacilglicerol, ácidos grasos libres, monoacilglicerol y esteroides (Raj *et al.*, 2023). De igual manera, las vitaminas pueden representar entre 0.85 hasta un 3.15%, destacando la vitamina E, también conocida como tocoles, debido a que la cebada la contiene en cantidades más significativas en comparación con otros cereales (Geng *et al.*, 2022; Raj *et al.*, 2023).

4. Contaminación por hongos

Los granos están propensos a contaminación por microorganismos, principalmente por hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, y puede encontrarse en cualquier etapa de la cadena alimentaria, desde la cosecha hasta el almacenamiento (Juraschek *et al.*, 2022; Marrez & Ayes, 2022). El género *Aspergillus* comprende en 200 especies de hongos, los cuales se pueden emplear en diferentes áreas, como en la salud para la producción de cortisona, medicamento utilizado para la inflamación, y el área alimentaria para elaborar salsa de soja y vino de arroz, por mencionar algunos, además también son utilizados para la descomposición de residuos plásticos (Billones *et al.*, 2020). La mayoría de los hongos de este género son beneficiosos, sin embargo, existen algunos dañinos para los seres vivos (Abulaizi *et al.*, 2024), y para su desarrollo óptimo, requiere de parámetros ambientales, como una humedad relativa oscilando el 70 y 90%, y en semillas debe tener un contenido entre el 15 y 20%, y un amplio rango de temperatura que va desde los 0 hasta los 45 °C (Yuef-Martínez & Hernández-Delgado, 2013). Mientras que el género *Penicillium* se encuentran más de 400 especies de hongos, caracterizados por tener una apariencia similar a un “cepillo” debido a la presencia de hifas individuales con un diámetro entre 2 y 5 μ m (Lindsay *et al.*, 2023), se pueden encontrar desde el suelo y la vegetación en descomposición, hasta alimentos secos, frutas, verduras frescas, especias, cereales, también en el aire y el polvo, y se desarrollan en un rango de temperatura óptima entre 5 °C y 37 °C, con una



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

actividad de agua entre 0.78 a 0.88 y un pH entre 3 a 4.5 (Demjanová *et al.*, 2021). El cual, en 1928 adquirió una relevancia en el ámbito medicinal cuando Alexander Fleming descubrió que la cepa *Penicillium notatum* tenía la capacidad de inhibir el crecimiento de una colonia bacteriana de *Staphylococcus*, dando como resultado, el desarrollo de la penicilina, y con esto se dio inicio a la “era de los antibióticos”. Actualmente, este género tiene aplicaciones en biotecnología, biología, agricultura y farmacéutica, pero también actúan como saprobios y son los responsables de generar una variedad extensa de micotoxinas (Lindsay *et al.*, 2023). Por otro lado, el género *Fusarium* se comprende de más de 100 especies de hongos filamentosos que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y en el suelo, debido a su capacidad para crecer en temperaturas de 37°C, las cuales 12 de ellas son consideradas patógenas para los seres humanos (Tapia & Amaro, 2014), la presencia de estos hongos patógenos resulta una variedad extensa de enfermedades como marchitez, pudrición y plagas que afectan de manera considerable a numerosos cultivos, provocando tanto pérdidas especialmente en el granos como el maíz, trigo y cebada, como la contaminación de micotoxinas en los granos (Krishnan *et al.*, 2023).

4.1 Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios comúnmente tóxicos, los cuales actualmente existen más de 300 que se han estudiado (Juraschek *et al.*, 2022), y son producidos por hongos (*Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*) en condiciones adversas, como humedad, temperaturas inapropiadas, ventilación deficiente y la presencia de factores estresantes como la falta de agua, que puede resultar de sequías prolongadas (Petrović *et al.*, 2023), y así provocando la alteración tanto la apariencia como la calidad del producto, además de afectar a su capacidad de germinación, ennegrecimiento parcial o total, pérdida de peso y hedor (Lugo-Melchor *et al.*, 2017; SAGARPA, 2016). Aproximadamente el 25% de los cultivos a nivel mundial son afectados por la presencia de micotoxinas, causando pérdidas mundiales de

alrededor de 1,000 millones de toneladas de productos alimenticios al año (FAO, 2024). Las micotoxinas pueden ingresar a la cadena alimentaria directamente a través del consumo de alimentos o indirectamente mediante productos de origen animal como carne y leche, provenientes de animales que los han ingerido ya contaminados con estas toxinas (Lamenca-Palacio, 2015). Además, causan daño en la salud de los seres humanos y animales que los consumen (Lugo-Melchor *et al.*, 2017), en los que se dividen en agudos, por el consumo a niveles elevados de toxinas en poco tiempo, y en crónicos, ocasionados por la ingesta continua de cantidades reducidas en un periodo de tiempo prolongado (González-Peñas, 2020). Las micotoxinas que se encuentran en la cebada son las aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos, deoxinivalenol y zearalenona (SAGARPA, 2016).

4.1.1 Aflatoxinas

Las aflatoxinas son producidas por especies de *Aspergillus*, especialmente *A. flavus* y *A. parasiticus*, estos hongos se encuentran comúnmente en climas tropicales y subtropicales (Gómez-Ayala, 2007; Zingales *et al.*, 2022). Existen más de 20 aflatoxinas conocidas, pero las que se presentan en los alimentos de forma natural son la B₁, B₂, G₁ y G₂ (Figura 1: a, b, c y d). Su abreviatura se deriva de acuerdo al color que presenta su fluorescencia bajo la luz ultravioleta, que puede variar de color azul (blue) o verde (green), respectivamente (Marrez & Ayes, 2022). Estas micotoxinas son absorbidas rápidamente por el sistema digestivo o respiratorio hasta llegar al torrente sanguíneo, siendo el hígado el principal órgano más afectado (Ocampo-Salinas, 2006), pero se ha estudiado que también los riñones, pulmones, cerebro y corazón son afectados considerablemente (Marrez & Ayes, 2022). Un alto consumo de aflatoxinas causa toxicidad aguda y posible muerte en humanos y animales, y a niveles bajos a un largo plazo se desencadenan enfermedades primarias como la ictericia, cáncer de hígado, hepatitis crónica y cirrosis, siendo la B₁ clasificada como carcinógena y mutágena hepática (Abraham *et*



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

al., 2022; Marrez & Ayes, 2022). Además de la cebada, también se presentan en otros cereales como el trigo, maíz, arroz, sorgo y mijo, en oleaginosas como la soya, algodón, girasol y maní, en especias como la cúrcuma, chiles, jengibre y pimienta negra, y frutos secos como

almendras, nueces y pistaches (Marrez & Ayes, 2022), de igual manera se encuentra en la carne, debido a que las aflatoxinas son acumuladas en los animales por su alta solubilidad en grasas (Abraham *et al.*, 2022).

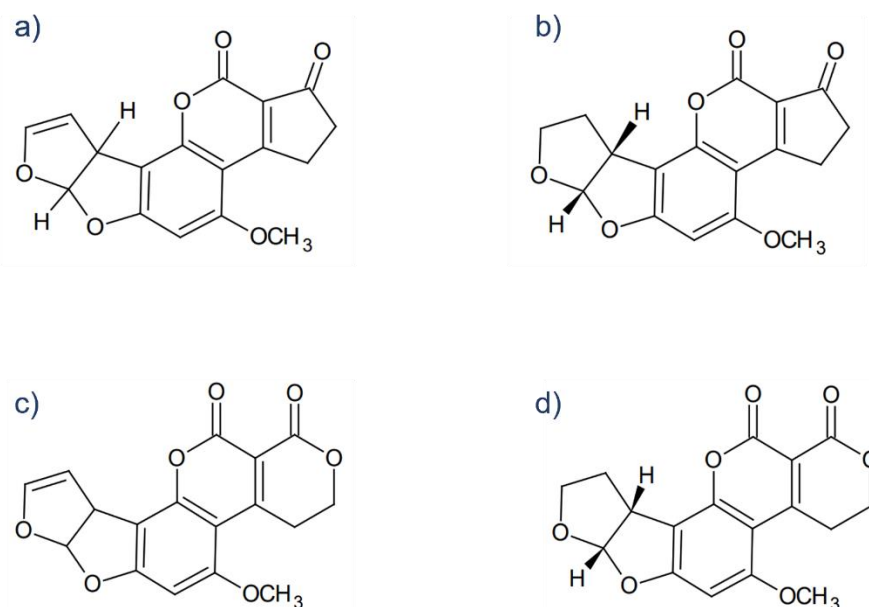


Figura 1. Estructura molecular de las aflatoxinas (a) B₁, (b) B₂, (c) G₁ y (d) G₂. **Fuente:** (Pernica *et al.*, 2019).

4.1.2 Fumonisin

Las fumonisinas son producidas por especies del género *Fusarium*, principalmente por *F. proliferatum*, *F. verticillioides*, *F. nygamai* y *F. anthophilum* (SAGARPA, 2016). Se han identificado más de quince fumonisinas, clasificadas en cinco grupos conocidos como A, B, C, P y H (Marrez & Ayes, 2022; Zingales *et al.*, 2022). Las variantes más comunes en la naturaleza son la B1, B2, B3 y B4, siendo la B1 la más tóxica, originando el desarrollo de cáncer de hígado y esófago en los humanos, mientras que en los animales provoca tanto toxicidad aguda como crónica, por parte de los caballos puede desarrollar leucoencefalomalacia equina (ELEM) causando daño hepático, efectos neurotóxicos y degeneración en el cerebro (Marrez & Ayes, 2022). Se han encontrado frecuentemente en el maíz, arroz, sorgo, trigo y cebada (SAGARPA,

2016), además de la cerveza, espárragos, leche e higos secos (Marrez & Ayes, 2022). Estas micotoxinas son relativamente resistentes al calor, por lo que, se necesita entre 150 a 200 °C para su eliminación, esto se puede alcanzar en los procesos de freído, asado, horneado y cocinado por extrusión, y cabe mencionar que el porcentaje de reducción depende de la matriz del alimento (Marrez & Ayes, 2022).

4.1.3 Ocratoxinas

Las ocratoxinas son originadas por el género *Aspergillus* y *Penicillium*, específicamente de las especies *A. ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. niger*, *A. meleus*, *A. cretensis*, *A. flocculosus*, *A. sclerotiorum*, *P. verrucosum* y *P. viridicatum* (SAGARPA, 2016). Existen tres tipos, la ocratoxina A, ocratoxina B y ocratoxina C, siendo la primera, la más abundante en los alimentos y de alta



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

toxicidad en comparación de las demás (Abraham *et al.*, 2022; Marrez & Ayesh, 2022). La ocratoxina A (Figura 2) tiene como órgano blanco el riñón y es considerada un probable carcinógeno para humanos causando carcinoma renal y en los animales provoca nefrotoxicidad (Ocampo-Salinas, 2006; Marrez & Ayesh, 2022).

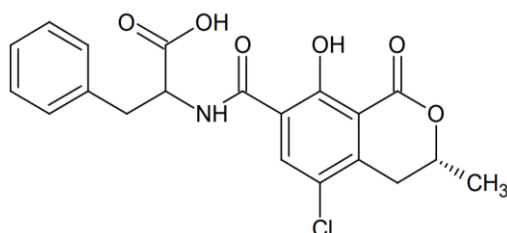


Figura 2. Estructura molecular de la ocratoxina A. **Fuente:** (Pernica *et al.*, 2019).

Se tiene registro de la presencia de ocratoxina A en cereales como la cebada, arroz, cacao, frijol, café, también en carne, frutos secos, vino, en carne de pescado y ave, derivados como el huevo y la leche, en especias y hierbas medicinales (Marrez & Ayesh, 2022), además existen fuentes

no convencionales como el aceite de oliva, alimentos infantiles a base de cereales, regaliz e infusiones (Ravelo-Abreu *et al.*, 2011).

4.1.4 Tricotecenos

Los tricotecenos son producidos por el género *Fusarium* y se clasifican en cuatro grupos, de los cuales el A y el B son los más destacados por su toxicidad. Dentro del grupo A se encuentran la toxina T-2, HT-2, el neosolaniol y el escirpenol, y en el B pertenecen el deoxinivalenol (DON), nivalenol (NIV) y fuzarenoma. El DON (Figura 3: a) es producido por *F. graminearum*, *F. culmorum* y *F. crookwellense*, y se pueden presentar en el cultivo del maíz, avena, sorgo, centeno, trigo y cebada, desencadenando anorexia en humanos y animales. Mientras que la T-2 (Figura 3: b) es producida por *F. sporotrichoides*, *F. poae*, *F. tricinctum* y *F. acuminatum*, y se pueden encontrar en el maíz, avena, trigo y cebada, además su consumo puede causar hemorragia, edema y necrosis en tejidos epidérmicos (Ocampo-Salinas, 2006).

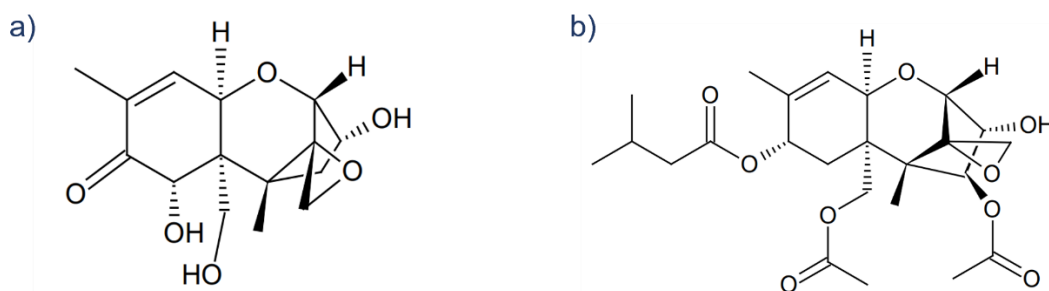


Figura 3. Estructura molecular de tricotecenos (a) deoxinivalenol y (b) T-2. **Fuente:** (Pernica *et al.*, 2019).

4.1.5 Zearalenona

La zearalenona (Figura 4) es originada por el género *Fusarium*, como la especie *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. semitectum* y *F. crookwellense*. Se pueden encontrar en diferentes cereales como

avena, sorgo, trigo, maíz, cebada, etc. Esta micotoxina tiene efectos estrogénicos, en animales causa dificultad para reproducirse, edema valvular, prolapso vaginal e hipertrofia mamaria en las hembras y en machos agrandamiento de la glándula mamaria y atrofia



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

testicular, en humanos causa la presencia de síndromes hiperestrogénicos, dependiendo del tiempo de exposición (SAGARPA, 2016).

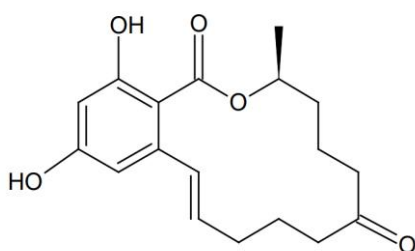


Figura 4. Estructura molecular de la zearalenona.
Fuente: (Pernica *et al.*, 2019).

5. Detección de micotoxinas

Un método reconocido, eficaz y rentable para regular la exposición humana a contaminantes alimentarios especialmente con micotoxinas, es el biomonitoreo humano (HBM), en el que consiste en monitorear los puntos de exposición, y establecer límites mínimos y máximos. Las micotoxinas se pueden detectar por medio de biomarcadores directos que utilizan métodos analíticos estandarizados y validados, principalmente para compuestos originales, debido a la limitada disponibilidad de metabolitos como estándares de referencia. Mientras que los biomarcadores indirectos, también conocidos como biomarcadores de efecto, suelen no ser específicos y se reflejan cambios estructurales o funcionales que ocurren en el cuerpo debido a la exposición de estas toxinas. Por otro lado, también se encuentran los biomarcadores no dirigidos, que son aplicados para identificar derivados desconocidos de micotoxinas. Las matrices biológicas de fácil acceso para el biomonitoreo humano son la orina, suero, plasma y leche materna. Algunas micotoxinas pueden ingresar al torrente sanguíneo sin cambios, mientras que otras pueden experimentar diversas modificaciones durante su paso por el sistema metabólico humano y animal. Para evaluar su exposición de manera precisa, se considera las formas metabolizadas que frecuentemente son utilizadas como biomarcadores (Habschied *et al.*, 2021).

Como se mencionó anteriormente, en el caso de los biomarcadores directos son utilizados para la determinación y cuantificación de micotoxinas en niveles bajos, en las que consiste en aplicar métodos analíticos, los cuales utilizan la metodología de muestreo, extracción, método y detección. La toma de muestra puede tener un efecto significativo en los resultados finales, debido a que los hongos que producen las micotoxinas no crecen uniformemente en el alimento, por lo tanto, la homogenización debe ser realizada antes del muestreo. La extracción es utilizada para remover selectivamente las micotoxinas de interés de la matriz, utilizando un solvente que permita una posterior limpieza o un análisis directo. La selección del solvente depende de factores como las propiedades físicas y químicas de la muestra, la seguridad del solvente, el costo, la solubilidad, hasta incluso los pasos posteriores a la extracción. Actualmente los solventes más comúnmente utilizados son el metanol, cloroformo, acetonitrilo, diclorometano, acetona y acetato de etilo, cabe mencionar, que la adición de una pequeña cantidad de agua o una solución de agua acidificada con ácido fórmico, ácido acético o ácido cítrico suele mejorar la eficiencia de la extracción al facilitar la penetración del solvente en el material y romper las interacciones entre toxinas y otros componentes diferentes de la muestra. Los métodos utilizados para la detección de micotoxinas se clasifican en cromatográficos, inmunológico y biológico (Pernica *et al.*, 2019), en las que se puede observar las ventajas y desventajas de cada una en la Tabla 1.

6. Límite permisible de micotoxinas en alimentos

En la actualidad, aproximadamente 100 países poseen límites específicos sobre los niveles permitidos de micotoxinas importantes en alimentos para consumo humano y animal. En la Tabla 2 se puede observar algunas de las micotoxinas comúnmente presentes en los alimentos de la Administración de Alimentos y medicamentos (FDA) en comparación con la Unión Europea (EU) (Alshannaq & Yu, 2017).



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

Además de las personas y el ganado, las mascotas también pueden enfrentar riesgos debido a que la mayoría de sus alimentos son elaborados con granos, los cuales existe límites para las

micotoxinas de deoxinivalenol, zearalenona y ocratoxina A (Kępińska-Pacelik & Biel, 2021), como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 1. Métodos utilizados para determinación de micotoxinas con sus ventajas y desventajas.

Método	Ventajas		Desventajas
Cromatográficas	TLC	Es de bajo costo, su proceso es rápido y simple	Carece de automatización
	GC	Tiene alta resolución, precisión, sensibilidad y es un análisis rápido	Está limitado a muestras volátiles y no apto para muestras térmicamente lábiles
	HPLC	Alta resolución, bajo límite de detección, específico y puede ser combinado con un sistema de detección múltiple	El equipo y procedimiento es costoso y consume mucho tiempo
	LC – MS / MS	Posee alta sensibilidad, selectividad, limpieza de muestras de manera fácil y determinación de múltiples micotoxinas	Es costoso el equipo y procedimiento de limpieza y se requiere mucho tiempo
Inmunológico	ELISA	Aplicado en diferentes matrices, es sensible, rápido, específico, de costo relativamente bajo, su procedimiento simple y el límite de detección es bajo	Los resultados suelen mostrar una sobreestimulación debido a la reactividad cruzada de las micotoxinas
Biológico	Biosensor	Es rápido, práctico y sensible	Renueva la superficie del receptor. Además, en aplicaciones de alta producción falta la mejora de sensibilidad, especificidad, estabilidad y reproducibilidad

Tabla 2. Límites establecidos de micotoxinas presentes en los alimentos para humanos y para el ganado por la FDA y la EU.

Micotoxina	Límites (µg / kg)	
	FDA	EU
Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ y G ₂	20 en total	2 - 12 para B ₁ 4 - 15 en total
Ocratoxina A	No establecido	2 - 10
Fumonisin B ₁ , B ₂ y B ₃	2,000 – 4,000	200 – 1,000
Zearalenona	No establecido	20 - 100
Deoxinivalenol	1,000	50 - 200



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

Tabla 3. Límites establecidos de micotoxinas presentes en los alimentos para mascotas.

Micotoxina	Producto alimenticio para mascotas	Límite (mg / kg)
Deoxinivalenol	Cereales y productos (excepto subproductos de maíz)	8
	Subproductos de maíz	12
	Pienso compuesto	5
Zearalelona	Cereales y productos (excepto subproductos de maíz)	2
	Subproductos de maíz	3
	Pienso compuesto para perros y gatos adultos (destinados para la reproducción)	0.2
Ocratoxina A	Cereales y productos de cereales	0.25
	Pienso compuesto	0.01

7. Prevención y control

Se puede llegar a prevenir y controlar la presencia de micotoxinas tanto en los cultivos como en el grano, clasificándose en controles mecánicos, físicos y químicos. El control mecánico implica en realizar prácticas agrícolas, como el cosechar en las condiciones apropiadas, reducir el estrés en la planta, rotación de cultivo y reducir la presencia de maleza o residuos agrícolas para evitar la descomposición. Dentro del control físico se encuentra el tratamiento térmico, utilizando altas temperaturas, alrededor de 150°C que puede disminuir la presencia de micotoxinas, pero en algunos alimentos puede llegar a ser contraproducente por la pérdida de componentes beneficiosos. Otra alternativa puede ser la reducción de humedad después de la cosecha durante el almacenamiento, este método es muy utilizado en plantas y semillas, además, las instalaciones que se utilizan para este fin deben de estar acondicionadas para la migración de la humedad y evitar la condensación. Por otro lado, los controles químicos son productos muy utilizados para la eliminación de micotoxinas, incluyendo los ácidos, bases, agentes oxidantes, sales, entre otros. Incluso la amonización es altamente aplicado para la desintoxicación en alimentos contaminados por ocratoxina y la aflatoxina, tal es el caso el maíz, trigo y cebada (Omotayo *et al.*, 2019).

8. Conclusión

El cultivo de cebada tiene una importancia crucial tanto a nivel mundial como nacional. Sin embargo, al igual que otros granos, enfrenta desafíos significativos relacionados con la contaminación por hongos. A pesar de ser un recurso con alta producción a nivel mundial, utilizado directamente o como derivado procesado en diversas industrias, incluida la alimentaria y la ganadera, la seguridad alimentaria de la cebada se ve amenazada por la presencia de micotoxinas producidas por hongos patógenos. Estas micotoxinas pueden ocasionar graves consecuencias tanto para la salud humana como animal, desde enfermedades agudas hasta crónicas. Por lo que es de suma importancia la detección de estas toxinas para garantizar la seguridad alimentaria y calidad de los productos, utilizando métodos analíticos, además, de que resulta crucial implementar medidas preventivas y de control en toda la cadena alimentaria para minimizar el riesgo de contaminación.

9. Referencias

1. Abraham, N., Chan, E. T. S., Zhou, T., & Seah, S. Y. K. (2022). Microbial detoxification of mycotoxins in food. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.957148>
2. Abulaizi, A., Wang, R., Xiong, Z., Zhang, S., Li, Y., Ge, H., & Guo, Z. (2024). Secondary



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

- Metabolites with Agricultural Antagonistic Potential from *Aspergillus* sp. ITBBc1, a Coral-Associated Marine Fungus. *Marine Drugs*, 22(6), 270. <https://doi.org/10.3390/md22060270>
3. Alshannaq, A., & Yu, J. H. (2017). Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 14, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>
 4. Billones, R. K. C., Calilung, E. J., Dadios, E. P., & Santiago, N. (2020, December 3). *Aspergillus* Species Fungi Identification Using Microscopic Scale Images. 2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, HNICEM 2020. <https://doi.org/10.1109/HNICEM51456.2020.9400039>
 5. Demjanová, S., Jevinová, P., Pipová, M., & Regecová, I. (2021). Identification of *penicillium verrucosum*, *penicillium commune*, and *penicillium crustosum* isolated from chicken eggs. *Processes*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/pr9010053>
 6. FAO. (2024a). *Cultivos y productos de ganadería*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
 7. FAO. (2024b). *Micotoxinas*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/es/>
 8. Geng, L., Li, M., Zhang, G., & Ye, L. (2022). Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. In *Food Quality and Safety* (Vol. 6). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
 9. Gómez-Ayala, A. E. (2007). Alimentos y micotoxinas: Implicaciones en la seguridad alimentaria. *Farmacia Profesional*, 21, 49–53.
 10. González-Peñas, E. (2020). Mycotoxins in beverages. In *Beverages* (Vol. 6, Issue 4, pp. 1–3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/beverages6040069>
 11. Habschied, K., Kanižai Šarić, G., Krstanović, V., & Mastanjević, K. (2021). Mycotoxins—Biomonitoring and Human Exposure. In *Toxins* (Vol. 13, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/TOXINS13020113>
 12. INEGI. (2023, November 21). *Resultados definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de Hidalgo*. Censo Agropecuario.
 13. Juraschek, L. M., Kappenberg, A., & Amelung, W. (2022). Mycotoxins in soil and environment. In *Science of the Total Environment* (Vol. 814). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152425>
 14. Kępińska-Pacelik, J., & Biel, W. (2021). Alimentary risk of mycotoxins for humans and animals. In *Toxins* (Vol. 13, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/toxins13110822>
 15. Krishnan, S. V., Nampoothiri, K. M., Suresh, A., Linh, N. T., Balakumaran, P. A., Pócsi, I., & Pusztahelyi, T. (2023). *Fusarium* biocontrol: antagonism and mycotoxin elimination by lactic acid bacteria. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 14). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1260166>
 16. Lamenca-Palacio, V. (2015). *Análisis de micotoxinas en cereales mediante técnicas instrumentales*. Universidad Zaragoza.



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

17. Lindsay, C. A., Kinghorn, A. D., & Rakotondraibe, H. L. (2023). Bioactive and unusual steroids from *Penicillium* fungi. *Phytochemistry*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2023.113638>
18. Lugo-Melchor, O., Alvarado-Osuna, C., & Ramírez-Cerda, E. (2017). *Inocuidad y Trazabilidad en los alimentos mexicanos* (1st ed.). CIATEJ.
19. Marrez, D. A., & Ayes, A. M. (2022). Mycotoxins: The threat to food safety. In *Egyptian Journal of Chemistry* (Vol. 65, Issue 1, pp. 353–372). NIDOC (Nat.Inform.Document.Centre). <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.80490.3987>
20. Ocampo-Salinas, I. O. (2006). *Estudio de la microflora y contenido de aflatoxinas de cebada cultivada en Tlanalapa, Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
21. Omotayo, O. P., Omotayo, A. O., Mwanza, M., & Babalola, O. O. (2019). Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. In *Toxicological Research* (Vol. 35, Issue 1, pp. 1–7). Korean Society of Toxicology. <https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001>
22. Pernica, M., Piacentini, K. C., Benešová, K., Čáslavský, J., & Běláková, S. (2019). Analytical techniques for determination of mycotoxins in barley, malt and beer: A review. *KVASNY PRUMYSL*, 65(2), 46–57. <https://doi.org/10.18832/kp2019.65.46>
23. Petrović, E., Čosić, J., Vrandečić, K., & Godena, S. (2023). Occurrence of mycotoxins in food and beverages. In *Journal of Central European Agriculture* (Vol. 24, Issue 1, pp. 137–150). University of Zagreb - Faculty of Agriculture. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/24.1.3704>
24. Raj, R., Shams, R., Pandey, V. K., Dash, K. K., Singh, P., & Bashir, O. (2023). Barley phytochemicals and health promoting benefits: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100677>
25. Ravelo Abreu, A., Rubio Armendáriz, C., Gutiérrez Fernández, A. J., & Hardisson de la Torre, A. (2011). La ocratoxina a en alimentos de consumo humano: Revisión. In *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 26, Issue 6, pp. 1215–1226). <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5381>
26. Requena, R., Saume, E., & León, A. (2005). Micotoxinas: Riesgos y prevención. *Zootecnia Tropical*, 23(4). <https://www.researchgate.net/publication/262702041>
27. SADER. (2022, July 28). *Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-frijol-arroz-y-trigo-los-granos-basicos-de-mexico>
28. SAGARPA. (2016, December 10). Almacenamiento en México. *Claridades Agropecuarias*.
29. SIAP. (2017). Cebada grano mexicano. In *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf>
30. Simón, M. R., & Golik, S. I. (2022). *Cereales de invierno*. Edulp.
31. Tapia, C., & Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Revista Chilena Infectología*, 1(1), 85–86. www.sochinf.cl
32. Yuef-Martínez, H., & Hernández-Delgado, S. (2013). The Genus *Aspergillus* and their Mycotoxins in Maize in Mexico: Problems



Artículo de Revisión

Vega-Domínguez et al., 2024

and Perspectives. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(2), 126–146.

33. Zhu, F. (2017). Barley Starch: Composition, Structure, Properties, and Modifications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 558–579.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12265>
34. Zingales, V., Taroncher, M., Martino, P. A., Ruiz, M. J., & Caloni, F. (2022). Climate Change and Effects on Molds and Mycotoxins. In *Toxins* (Vol. 14, Issue 7). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/toxins14070445>



Artículo Corto de Investigación

<https://doi.org/10.61767/mjte.003.2.2531>

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

Recibido: 17-06-2024

Revisado: 24-06-2024

Aceptado: 10-08-2024

Publicado: 10-09-2024

Reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en palma dátíl en Baja California México

Report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on date palm in Baja California, Mexico

M. Ramos-Lima^{1*} y F. Ortega-Ramírez¹¹ Departamento de Química-Bioquímica. Tecnológico Nacional de México, Campus Mexicali. Ave. Instituto Tecnológico s/n Plutarco Elías Calles 21376 Mexicali, Baja California, México.* Corresponding author: ramosmayra1954@gmail.com

Resumen

La especie exótica invasora *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) ha sido reportada en palma dátíl en algunas regiones de México. Al considerar los daños informados por esta especie en palmáceas, su capacidad invasiva, así como su registro en climas cada vez más diversos, se propuso como objetivo del presente trabajo corroborar la presencia de *R. indica*, en palma dátíl en Baja California. Para ello, se realizaron muestreos en palma dátíl, en los jardines del Instituto Tecnológico de Mexicali, Baja California, México. Se detectó a *R. indica* y al ácaro depredador *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae), como las dos únicas especies de la subclase Acari presentes. Se señalan varios aspectos relevantes en este hallazgo: la capacidad de dispersión de *R. indica* y su presencia en una especie de palma que constituye en estos momentos un rubro económico de grandes perspectivas para Baja California, más la adaptabilidad de *A. largoensis*, especie depredadora, al tener en cuenta las condiciones de clima extremo (desértico) que existen en el área de estudio. Se recomienda el monitoreo de este fitoácaro y toma de decisiones ajustadas, ya es una plaga potencial.

Palabras clave: especies exóticas, ácaro rojo de las palmáceas, *Amblyseius largoensis*.

Abstract

The exotic species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) has been reported on date palm in some regions of Mexico. Considering the damage reported by this species in palm trees, its invasive capacity, as well as its record in diverse climates, the aim of this work was to evaluate the *R. indica* presence in date palm in Baja California. Sampling was carried out on date palms in



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

the Technological Institute of Mexicali, Baja California, Mexico gardens. *R. indica* and the predatory mite *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) are detected as the only two species of the Acari subclass present. Several aspects emphasized this finding: the invasive capacity of *R. indica*, its presence in a species of palm that constitutes an economic subject with great prospects for Baja California, and the adaptability of *A. largoensis*, a predatory mite, considering the extreme climate conditions (desert) that there in the study area. Monitoring of this mite and making informed decisions is recommended, as it is already a potential pest.

Keywords: exotic species, red palm mite, *Amblyseius largoensis*.

1. Introducción

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) también conocido como ácaro rojo de las palmáceas se registró como especie exótica desde el año 2006 en el hemisferio occidental (Etienne y Flechtman, 2006) a partir de ese momento se ha distribuido de forma importante en el continente americano y son numerosos los reportes de este ácaro, en diferentes países, aunque siempre en condiciones de clima tropical. Ha incrementado su presencia, los síntomas de sus daños y es hoy una plaga de cultivos como cocoteros y bananos que requieren medidas fitosanitarias específicas para su manejo. Hasta el momento, la especie ha cumplido, de manera general, con lo que se ha señalado en los organismos exóticos invasores (CONABIO, 2023):

- Es un reconocido riesgo biológico por el historial como plaga en su región de origen.
- Ha transformado la estructura y composición de las especies en el ecosistema donde se ha detectado.
- Posee gran capacidad de adaptación.

En México, la especie se detectó por primera vez en el 2009 en Isla Mujeres, Cancún y Quintana Roo, provocando daños de consideración en el área foliar de las palmáceas y con un pronóstico de distribución fundamentalmente a lo largo de la costa del Pacífico hasta Baja California Sur. Ha sido informada en palmáceas y musáceas principalmente y es *Cocos nucifera* L. (cocotero) su hospedante fundamental, aunque se señala en otras palmas de importancia económica, incluida la palma datilera (SENASICA, 2014).

El dátil (*Phoenix dactylifera* L.) es un fruto rico en hierro, antioxidantes y sustancias funcionales como las fibras. Con fines comerciales, se cotiza a un alto precio, por la alta demanda y debido a las reducidas áreas geográficas en donde se puede cultivar comercialmente (zonas áridas con clima desértico) (OEIDRUS, 2010).

México es el tercer mayor exportador de dátil en el mundo y son los estados Sonora y Baja California los más destacados (Salomón-Torres et al., 2017). Mexicali es líder en la producción en el país, desde esta región se comercializa a los estados vecinos de California y Arizona, así como a España, Australia y otros países; se conoce como el “oro verde” de la región, se consume fresco, en conservas y constituye la base para otros productos como el mezcal. Actualmente existen casi 3,000 ha dedicadas a su cultivo (OEIDRUS, 2010). En Mexicali, capital del estado Baja California, es un cultivo en franco desarrollo, con infinitas posibilidades de explotación, de ahí la importancia que reviste la detección de cualquier elemento que pueda incidir negativamente en los resultados productivos, como pudiera ser una plaga potencial.

La especie vegetal con mayor presencia de *R. indica* y donde se han evidenciado los daños más significativos ha sido el cocotero, que es un cultivo de zonas tropicales, con elevada humedad relativa y rango de temperaturas entre 18 – 30 °C (SENASICA, 2014). En Mexicali casi no hay cocoteros, posiblemente por las características climáticas que requiere la planta. La región posee un clima de tipo desértico, con veranos largos y muy calurosos, que registran un promedio de



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

temperatura máxima de 41 a 43 °C a la sombra. El clima imperante en la ciudad es seco, muy árido, con un régimen de lluvias escaso (De la Fuente et al., 2009), por lo que se consideró poco probable la presencia de este tenuipalpido en la región. No obstante, en observaciones puntuales sobre palma dátíl, se detectaron síntomas en las pinnas muy similares a los reconocidos en cocoteros y producidos por *R. indica* en otras palmáceas, por lo que el objetivo del presente trabajo fue verificar la presencia de este ácaro en esta especie vegetal.

2. Materiales y métodos

Para iniciar el estudio, se realizaron tres muestreos en plantas de dátíl, variedad “Medjool”, de tres años de edad, procedentes de áreas verdes (jardín) del Instituto Tecnológico de Mexicali, situado en las coordenadas 32.6203° N y 15.3972° W. La frecuencia de muestreo fue mensual: mayo, junio y agosto de 2023.

Los muestreos se realizaron por el método de colecta directa, seccionando al azar cinco áreas de $\approx 25\text{cm}^2$, estas se colocaron en bolsas de plástico (Ziploc®) y se llevaron al laboratorio. Con ayuda del microscopio estereoscópico, se realizó el conteo de todos los ácaros y con una aguja entomológica, se colectaron y colocaron en vidrio reloj con ácido láctico 50%. Esos vidrios reloj se mantuvieron en una estufa por dos horas a 45 °C, para facilitar la decoloración y posteriormente proceder al montaje, en portaobjetos lisos, en Medio de Hoyer. Para la identificación se utilizó un microscopio óptico con objetivos de 40 x, además para los tenuipalpidos, la descripción de Etienne y Fletchmann (2006) y para los pertenecientes a la Familia Phytoseiidae se utilizó la clave de Chant y McMurtry (2007).

3. Resultados y discusión

Se muestran los síntomas característicos de *R. indica* en las hojas de palma dátíl (Fig. A) y se corrobora su presencia en el envés de estas (Fig. 1B).

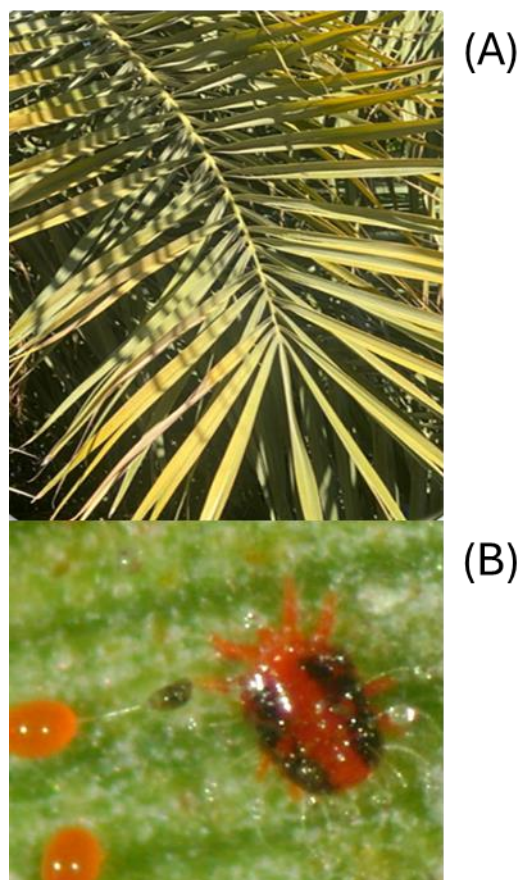


Figura 1. Hojas de pal a dátíl mostrando la clorosis típica de los síntomas de *R. indica* (A) y fotografía al estereomicroscopio de la hembra de *R. indica* (B).

En los especímenes se observan las características taxonómicas generales de *R. indica*: el cuerpo es fuertemente redondeado y todas las setas dorsales son clavadas y aserradas, presenta cuatro pares de setas histerosomales dorsosublaterales (Fig 2).



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

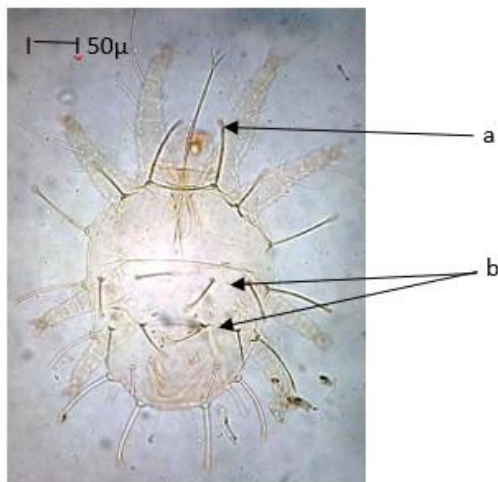


Figura 2. Microfotografía de *R. indica* (hembra) setas dorsales clavadas (a) y setas histerosomales dorsosublaterales (b).

En todos los muestreos se hallaron todas las fases de desarrollo (huevos y estadios inmaduros) y adultos de *R.indica*, aunque la población disminuyó en el mes de agosto, momento en el que se observaron muchos ácaros muertos, posiblemente por las elevadas temperaturas registradas en ese mes.

De la Familia Phytoseiide, se identificó a *Amblyseius largoensis* Muma; en la caracterización taxonómica se observaron además del patrón de setas dorsales del género, la espermateca de la especie, uno de los caracteres distintivos de la misma (Chant y Mc Murtry, 2007) (Fig. 3A). La presencia de este ácaro depredador constituye un hallazgo de particular interés, al considerar las condiciones climáticas que hay en Baja California (Mexicali), ya que esta ha sido registrada junto a *R. indica* en condiciones tropicales como Cuba (Ramos y González, 2015) y México (Estrada-Venegas et al, 2017). No obstante, se observó una pequeña colonia de esta especie coincidente con el hábitat de *R. indica* y estadios inmaduros alimentándose (Fig. 3B).

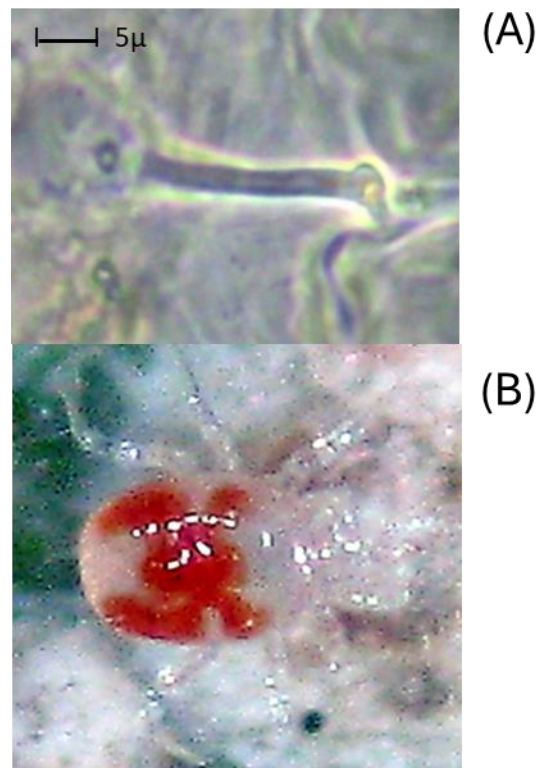


Figura 3. *Amblyseius largoensis* Muma, microfotografía de la espermateca (A) y fotografía al estéreo microscopio de larva recién alimentada (B).

Uno de los aspectos que se han señalado para las especies exóticas es que “viajan” sin sus enemigos naturales (Mack et al., 2013). No se estima que *R. indica* se haya introducido “junto” a su enemigo natural, la propuesta es que *A. largoensis* estaba presente en el ecosistema y, al parecer, *R. indica* constituye una presa atractiva para este fitoseido, por lo que una vez que esta se establece, *A. largoensis* cohabita junto con ella. Las observaciones que se realizaron en Cuba sobre estas dos especies corroboran este planteamiento, puesto que este fitoseido ya había sido detectado antes del establecimiento de *R. indica* (Ramos y Rodríguez, 2013), aunque en Baja California, no se cuenta con registros precedentes de esta especie, antes de la introducción de *R. indica*.



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

El movimiento de especies exóticas es un suceso que ha existido siempre, sin tener en cuenta las fronteras políticas, las especies han conquistado nuevos hábitats muy similares al de su lugar de origen o simplemente han experimentado procesos de adaptación (Pivello et al., 2024), conducta que ha sido mostrada por *R. indica*. No obstante, en los últimos tiempos, el cambio climático y las diversas demandas de la sociedad han acelerado este comportamiento en los artrópodos, propiciando la aparición de nuevos y graves problemas fitosanitarios, lo que al parecer pudo incidir en la presencia de este ácaro en las condiciones de este estudio y coincide además con lo referido por Chávez-Escalante y Méndez-González (2024).

Si una especie puede ser útil como ejemplo de lo establecido teóricamente para un organismo exótico llevado a la práctica es *R. indica*: su primer reporte como plaga se realizó en el sur de Asia, Medio Oriente y África y casi un siglo después se registra en más de 33 países incluidos los del hemisferio occidental (SENASICA, 2012). Su hallazgo en las condiciones de clima extremo en Mexicali, Baja California hacen que no solo sea motivo de asombro, porque demuestra la elevada capacidad adaptativa de este ácaro y también de preocupación, por su presencia en palma datilera, un cultivo en franco desarrollo y con muchas perspectivas económicas para la región.

Uno de los principales retos ambientales que enfrenta la humanidad es la conservación de la biodiversidad, la cual incluye a los ecosistemas y sus servicios ambientales; dentro de las amenazas a la biodiversidad destaca la introducción de especies exóticas, ya que es considerada la segunda causa de pérdida de diversidad biológica a nivel mundial (Díaz-Segura et al., 2021), sobre todo por las variaciones que provocan en la estructura de las comunidades, aspecto que deberá ser considerado en estudios futuros, en la relación *R. indica*- *A. largoensis*-palma dátil.

La gran mayoría de los impactos de las especies exóticas han sido negativos, con muy pocos

positivos y se ha señalado que la mayoría de estos tienen lugar en espacios agrícolas, siendo más frecuentes las alteraciones en la estructura y composición de especies en el agroecosistema (Pivello et al., 2024).

Vale señalar que, en monitoreos posteriores a este estudio, se han detectado solo poblaciones pequeñas de *R. indica* no equiparadas con los síntomas de sus daños, que si son significativos. Esto podría indicar que ha pasado de ser una especie exótica a naturalizada o alóctona (Vila et al., 2013), como ha ocurrido en otras localidades donde se ha reportado, por lo que, sin que constituya aún una alarma fitosanitaria para la palma dátil, *R. indica* deberá ser monitoreada, sobre todo en las zonas cultivadas de palma datilera, para evaluar eventualmente su estatus y tomar las decisiones fitosanitarias que se determinen.

4. Conclusiones

Se corrobora la presencia de *Raoiella indica* Hirst en palma dátil en Mexicali, Baja California, así como el ácaro depredador *Amblyseius largoensis* Muma. Se destacan, dentro de este hallazgo la capacidad invasiva de *R. indica*, su presencia en una especie de palma que constituye en estos momentos un rubro económico importante para Baja California, más la adaptabilidad de *A. largoensis*, al tener en cuenta las condiciones de clima extremo que existen en esta región. Se recomienda el monitoreo de este fitoácaro, por la potencialidad que posee como plaga.

5. Referencias

1. Chant DA, Mc Murtry JA. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari; Mesostigmata). Indira Publishing House, MI, USA. 2007; 218 pp.
2. Chávez-Escalante G, Méndez-González, F. El control biológico como alternativa para una agricultura sustentable en un entorno amenazado por el cambio climático. Mexican Journal of Technology and



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

- Engineering 2024, 3 (1); 35-43
<https://doi.org/10.61767/mjte.003.1.3543>
3. CONABIO. Información sobre Especies Invasoras en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 2023; Recuperado de:
<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>
 4. De la Fuente R, Quintero M, García OR. Cuando el calor nos rebasa y se inicia la cocción. Ciencia y Desarrollo- CONACYT. 2009; Recuperado de:
https://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/237/Articulos/Cuando_el_calor/Cuando_el_calor_3.html#:~:text=El%20ecosistema%20de%20Mexicali%20es,43%20%C2%BAC%20a%20la%20sombra.
 5. Díaz-Segura OJ, Golubov M L, Matías-Palafox AJ, Salomé-Díaz OS, Guerrero E, Ramírez-Gutiérrez MC. Especies exóticas invasoras y sus instrumentos normativos. En: La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado. CONABIO, México, 2023; 393-403. Recuperado de
https://www.researchgate.net/profile/Sandino_Guerrero/publication/374778589_Especies_exoticas_invasoras_y_sus_instrumentos_normativos/links/652ed3c07d0cf66a6736140b/Especies-exoticas-invasoras-y-sus-instrumentos-normativos.pdf
 6. Etienne J, Flechtmann CHW. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. International Journal of Acarology, 2006; 32 (3); 331-332.
 7. Estrada- Venegas EG, Chaires-Grijalva MP, Acuña-Soto JA, Equihua-Martínez A, Ramos-Lima M. Ácaros Phytoseiidae asociados a *Raoiella indica* Hirst, 1924 (ACARI: TENUIPALPIDAE) en el sur de México. Folia Entomológica (nueva serie), 2017, 3 (1), 1-8.
 8. Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Clout M, Bazzaz F. Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología, Consecuencias globales y Control. Tópicos en Ecología 2013; 5: 2-19. Recuperado de <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/numero5.pdf>
 9. OEDRUS (Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable). Estudio estadístico sobre producción de dátil. Recuperado Secretaría de Fomento Agropecuario 2010; 1-25. de:
<https://www.nacionmulticultural.unam.mx/empresasindigenas/docs/1863.pdf>
 10. Pivello V R, Rocha RM, Vitule JRS, Braga R R, Brown GG, Castro CF, Cruz-Neto CC, Franco AS, Heringer G, Magalhães AL B, Miranda RJ, Mormul RP, Oliveira I, Saulino HHL, Silva-Matos DM. Impactos de espécies exóticas invasoras sobre as Contribuições da Natureza para as Pessoas (CNP), o Desenvolvimento Sustentável e a boa qualidade de vida Capítulo 4; 133-184. En: MS, Junqueira AOR, Orsi ML. (Org.). Relatório Temático sobre Espécies Exóticas Invasoras, Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos. 1a Ed. São Carlos: Editora Cubo 2024; <https://doi.org/10.4322/978-65-00-87228-6.cap4>
 11. Ramos M, González M. Papel del ácaro depredador *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) en el comportamiento estacional de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en plátano. Revista de Protección Vegetal, 2015, 30 (Supl. 1); 84.
 12. Ramos M, Rodríguez H. Estrategias para la mitigación de impactos de especies exóticas invasoras, *Raoiella indica* Hirst estudio de caso. Pp. 105-146. 2013; En: Estrada-Venegas E G, Acuña-Soto JA, Chaires-Grijalva M. P. y A. Equihua-Martínez (Eds.). Ácaros de importancia cuarentenaria en Latinoamérica. 1er. Ed. Colegio de Postgraduados y Sociedad Mexicana de



Artículo Corto de Investigación

Ramos-Lima y Ortega-Ramírez, 2024

Entomología. Texcoco, estado de México, México.

13. Salomón-Torres R, Ortiz-Uribe N, Villa-Angulo R. La producción de la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) en México. Revista UABC, 2017; 16; 15–20.
14. SENASICA. Ficha Técnica Ácaro rojo de la palma *Raoiella indica*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2012; 22p. Recuperado de: http://langif.uaslp.mx/plagasdevastadoras/documentos/fichas/Acaro_rojo.pdf
15. SENASICA. Ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria- Dirección General de Sanidad Vegetal – Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. 2014; Ficha Técnica No. 14. 22p Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120233/Ficha_Acaro_rojo_de_las_palmas_2015.pdf
16. Vilá M, Roura-Pascual N, Andreu J, González-Moreno P, Sol D. Introducción de especies invasoras. Capítulo Conservar aprovechando. Cómo integrar el Cambio Global en la gestión de los montes españoles, 2013; 55- 62. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259676940_Introduccion_de_especies_invasoras/citations#fullTextFileContent

**Artículo de investigación**<https://doi.org/10.61767/mjte.003.2.3239>

Valdez-Muñoz et al., 2024

Recibido: 24-06-2024

Revisado: 09-08-2024

Aceptado: 04-09-2024

Publicado: 10-09-2024

Degradación microbiológica y enzimática de forraje de alfalfa para consumo de ganado lechero y rumiantes

Microbiological and enzymatic degradation of alfalfa forage for consumption of dairy cattle and ruminants

L.A. Valdez-Muñoz¹, P.M. Garza-López¹, B. Flores-Chávez¹, A. Quintero-Lira¹, J. Piloni-Martini^{1*} y J. Espitia-López^{1*}

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, CP 43775, Ex. Hacienda de Quetzalpa, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México.

* Corresponding author: javier_piloni7632@uaeh.edu.mx, josefa_espitia1153@uaeh.com.mx

Resumen

Este trabajo presenta la degradación de los forrajes mediante una digestión microbiológica y enzimática para la obtención de azúcares reductores y la producción de enzimas, se utilizaron medios enriquecidos con urea para la producción de biomasa y se evaluaron las diferentes concentraciones en un medio adicionado con melaza. Se empleó alfalfa forrajera variedad San Miguelito procedente del valle de Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Esta fue separada en tres silos bunker para preparar diferentes tratamientos; en el primer tratamiento (T1) se agregó levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA[®]), en el segundo (T2) melaza de caña y en el tercero (T3) fueron adicionadas ambas, a cada uno se les realizaron análisis de peso seco, humedad y determinación de fibra. Los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas en contenido de humedad y fibra (ANOVA, $\alpha=0.05$). La adición de levaduras y melaza al ensilaje no afectó negativamente el producto final, permitiendo un adecuado almacenamiento y además contribuye al mantenimiento de los nutrientes requeridos por el ganado lechero y rumiantes.

Palabras clave: Silo, forraje, degradación microbiológica, degradación enzimática, ganado.

Abstract

This work presents the degradation of forages through microbiological and enzymatic digestion to obtain reducing sugars and enzyme production. Urea-enriched media were used for biomass production and different concentrations were evaluated in a medium added with molasses. Forage alfalfa variety San Miguelito from the valley of Tulancingo de Bravo, Hidalgo was used. It was separated into three bunker silos to prepare different treatments; in the first treatment (T1)



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

Saccharomyces cerevisiae (NEVADA ®) yeast was added, in the second (T2) cane molasses and in the third (T3) both were added. Dry weight, moisture and fiber analysis were performed on each one. The different treatments no present significant differences in moisture and fiber content. The addition of yeasts and molasses to the silage did not negatively affect the final product, allowing adequate storage and contributes to the maintenance of the nutrients required by dairy cattle and ruminants.

Keywords: Silo, forage, microbiological degradation, enzymatic degradation, livestock.

1. Introducción

El Estado de Hidalgo forma parte de la zona centro del país, con una superficie total de 2'090,512 hectáreas (ha), equivalente a 1.6 % del territorio nacional, y cuenta con cerca de 2.4 % de la población del país. Se localiza entre los 19° 35' 52" y 21° 25' 00" de latitud Norte y los 97° 57' 27" y 99° 51' 51" de longitud Oeste. Limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al noroeste con Veracruz, al este y sureste con Puebla, al sur con Tlaxcala y el Estado de México, y al oeste con Querétaro. La agricultura del estado es principalmente de temporal, con una superficie sembrada del 75 %, mientras que el 25 % restante corresponde a la modalidad de riego (INIFAP, 2017). Aproximadamente un 62 % (2,054.01 km²) de los terrenos de esta región se dedican a las actividades agrícolas, las cuales se llevan a cabo principalmente en las zonas planas (llanuras, valles y mesetas) y en las porciones menos abruptas de los lomeríos y sierras. Los rendimientos que se obtienen van de regulares a bajos, ya que la mayor parte del área (2,031.44 km²) está sujeta al temporal, pues sólo 22.57 km², que representan el 0.68 % cuentan con agua para riego. Por tanto, es de interés intensificar al máximo la alternativa forrajera y asegurar la conservación del forraje producido durante el temporal, para que al ser cosechado pueda proporcionarse al ganado en aquellas épocas en que no se dispone de forrajes frescos (Urrutia, 2020). Además, aumentar la producción ganadera por hectárea constituye un importante objetivo que es preciso alcanzar con unos gastos de explotación bajos. Para ello es fundamental disponer, a lo largo de todo el año, de una alimentación base para el ganado constituida principalmente por forraje. La implementación de

silos es una alternativa económica de alimento para animales que permite mejorar la producción y condiciones corporales, dando un aumento de peso y grasa para la ganadería, esta práctica se inició hace aproximadamente 3,000 años y es un método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad (60-70 %). Jarvis (1999), señala que es un método de preservación de forrajes en el cual el forraje es colocado en un depósito llamado silo, acomodado por capas, eliminando el aire mediante la compactación y cubriéndolo con plástico, con el objetivo de producir una fermentación ácido-láctica e inhibir el crecimiento de microorganismos degradadores de materia orgánica.

Entre los distintos procedimientos utilizados para la conservación del forraje, el ensilaje es en la actualidad, el de mayor interés ya que reduce las pérdidas (por lluvia, caída de hojas, respiración, etc.) en comparación con otros métodos, este deja el terreno libre y listo para el siguiente cultivo, asegura la disponibilidad de alimentos para el ganado lechero y rumiantes durante una larga temporada en la que frecuentemente las condiciones climatológicas son adversas y al ser cosechado en el momento óptimo, se obtiene la máxima producción y calidad por unidad de superficie (Urrutia, 2020). Además, existen investigaciones indican que contiene un aporte importante de proteína del 14 % y de energía metabolizable del 2.6 % cal/kg de materia seca, logrando un ensilaje de alta calidad y excelente digestibilidad, que le aporta al ganado más energía por día al haber un mayor consumo (Viresa, 2021).



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

Por otro lado, la aplicación de técnicas apropiadas durante la cosecha y el ensilado no son suficientes para impedir que la fermentación inicial del ensilaje se realice en forma inadecuada. Esto puede ocurrir por una presencia escasa de microorganismos productores de ácido láctico (BAC) apropiados o por una baja concentración de carbohidratos hidrosolubles (CHS), o ambos, es por ello que a partir de la década de 1990, el uso de aditivos para mejorar las condiciones del proceso de ensilaje comenzó a hacerse muy común, ya que mejora el valor nutritivo y el consumo voluntario de los ensilados, por ejemplo, el uso de urea origina incrementos en la concentración de solutos, la estabilidad aeróbica de los ensilajes, el contenido de nitrógeno del producto final, el consumo, y la digestibilidad de la materia seca y de la energía y los aumentos de peso (Moreno, 1977) y la incorporación de melaza al ensilaje proporciona más azúcares, lo que facilita la fermentación y puede ser importante en el caso de ensilajes muy húmedos, con poco contenido de grano o bien en silos donde el forraje ha madurado demasiado (Pietrosemoli, 1997). El objetivo de la presente investigación es hidrolizar alfalfa forrajera mediante el proceso de ensilado empleando una degradación microbiológica y enzimática para generar alimento de calidad destinado al consumo de ganado lechero y rumiantes.

2. Materiales y métodos

2.1 Propagación de la levadura

Se prepararon 300 mL de una solución de glucosa con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA[®]) para la identificación de las cepas empleadas en el ensilado, el procedimiento que se realizó fue, colocar en un matraz de 500 mL, 12 g de glucosa $C_6H_{12}O_6$, posteriormente se adicionó 1.5 g de extracto de levadura, 0.03 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA[®]) y 0.9 g de extracto de malta, finalmente se cubrió con papel aluminio y cinta adhesiva.

Se colocó la solución en la parrilla de agitación para disolver el extracto de malta, y posteriormente se ajustó el pH a 6, después se

esterilizó para inocular con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA[®]).

2.2 Obtención de la enzima

La levadura de la cual se extrajeron las enzimas se propagó empleando la misma levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA[®]). Para la obtención de las enzimas se sometió a la biomasa propagada a una agitación mediante el uso de un vórtex, con lo cual la fuerza centrífuga separó sus componentes o fases (generalmente una sólida y una líquida), en función de su densidad (Suárez-Machín y Garrido-Carralero, 2016).

Se utilizó la mezcla que contenía las levaduras activas, se colocó en vórtex por 1 min y posteriormente a la centrifuga durante 5 min a 3,000 rpm, se obtuvieron 3 muestras de fase acuosa, las cuales fueron colocadas en tres diferentes tubos de ensayo A, B, C; en el tubo A se colocó 1 mL de la solución que contenía las enzimas y se adicionaron 9 mL de agua destilada, en el B se tomó 1 mL del tubo A y 9 mL más de agua destilada y en el C se agregó 1 mL del tubo B y 9 mL de agua destilada. Posteriormente, se tomó una muestra del tubo C, la cual fue llevada a la cámara Neubauer y posteriormente al microscopio para su análisis, conteo y estandarización. Al finalizar, las muestras se congelaron (-20 °C).

2.3 Hidrolización de melaza

Se preparo una solución de melaza, en un recipiente de 4 L, donde se agregaron 2,850 mL de agua destilada y 150 mL de melaza, y se esterilizó la solución.

Para poder realizar el conteo de azúcares reductores, se empleó la determinación de DNS en un rango de 540 nm, empleando dextrosa como patrón de referencia en concentraciones de 0 a 2 mg/L (Ning, 2017). Se realizó una curva patrón entre las concentraciones de 1 a 2 g de dextrosa $C_6H_{12}O_6$.

2.4 Preparación de los silos

La alfalfa forrajera (*Medicago sativa*) marca San Miguelito empleada en esta investigación fue



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

recolectada en el valle de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. Se realizó el picado del forraje manualmente de un 1 cm de grosor, hasta quedar homogéneo, éste fue separado en microsilos con un volumen de 500 mL cada uno, se realizaron tres tratamientos y cada uno se efectuó por triplicado; en el Tratamiento 1 (T1) se le agregó levadura *Saccharomyces cerevisiae* (NEVADA®) a una concentración de 1.6×10^8 UFC/mL, en el Tratamiento 2 (T2) se le agregó melaza de caña a una concentración de 0.3 mg/L y en el Tratamiento 3 (T3) se agregaron levadura *Saccharomyces cerevisiae* a una concentración de 1.6×10^8 UFC/mL y melaza de caña a una concentración de 0.3 mg/L.

2.5 Determinación de Humedad

Para determinar el contenido de humedad de los tratamientos, se utilizó el método termogravimétrico, el cual se basa en la pérdida de peso por calentamiento y los resultados se calcularon por diferencia de peso Díaz (2021). Se utilizaron charolas de aluminio previamente sometidas a peso constante y se colocó en cada una de ellas una muestra de 5 g de cada tratamiento T1, T2 y T3. Se introdujeron en una estufa marca BioBase® a una temperatura de 105 °C por 4 h y/o a peso constante, esto se realizó por triplicado para cada tratamiento. Al realizar la extracción de toda el agua posible, desaparecieron de la muestra los compuestos orgánicos volátiles como el amoníaco y el alcohol (Carillanca, 2005).

2.6 Determinación de Fibra

Para realizar la determinación de la fibra, se tomaron 5 g de muestra de cada tratamiento T1, T2 y T3 por triplicado, éstas fueron colocadas en el sistema de extracción de grasas marca BUCHI®, durante 3 h y 45 min, una vez desengrasadas, se retiraron del cartucho de celulosa y fueron puestas en los vasos Berzelius donde se les agregó la solución A, la cual se preparó con 200 mL de H_2SO_4 0.255 N. Posteriormente, se pasaron las muestras al determinador de fibra marca LABCONCO® y se dejó en ebullición durante 30 min, al terminar el tiempo, se retiraron las muestras para proceder a separar mediante una

filtración utilizando una tela y se agregó agua destilada a 80 °C, hasta obtener un pH neutro, después se repitió el mismo proceso, se obtuvieron las muestras de cada repetición por tratamientos y se transfirieron nuevamente al vaso Berzelius en donde se les adicionó la solución B, la cual contenía 200 mL de NaOH 0.313 N, permanecieron en ebullición por 30 min en el determinador de fibra, después del tiempo transcurrido, se tomaron las muestras y se filtraron nuevamente con tela, se les adicionó 25 mL H_2SO_4 0.255 N, 150 mL de agua destilada caliente a 80 °C y 25 mL de etanol y se dejó secar durante 2 h en un crisol en la estufa de secado marca BioBase® a 130 ± 1 °C.

Finalmente, se retiraron las muestras y se colocaron en un desecador por 10 min, se procedió a pesar los crisoles, después se calcinaron las muestras en una mufla a 550 °C durante 30 min, una vez que las muestras enfriaron y se pesaron (Cruz, 2022).

2.7 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de un factor equilibrado por el número de repeticiones ($\alpha=0.05$). para conocer si existían diferencias significativas entre el tratamiento enzimático (T1) y el tratamiento microbiológico (T2), así como la sinergia de ambos tratamientos (T3), también se realizó una prueba de comparación de medias para determinar cuál es el mejor tratamiento, esto se ejecutó en el programa XLSTAT® por Lumivero™ versión 2023.3.1 (Terrádez, 2019).

3. Resultados y discusión

De acuerdo con la metodología descrita anteriormente se obtuvieron datos cuantitativos, el resultado final para cada parámetro corresponde al promedio de los valores obtenidos del triplicado por cada tratamiento T1, T2 y T3.

3.2 Azúcares reductores

Para la cuantificación de los azúcares reductores se obtuvo una curva patrón (Figura 1), con estándar de dextrosa (0-2 g/L), la cual arroja la ecuación lineal $y=0.5975x+0.231$ ($R^2=0.9903$),



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

donde “y” es la absorbancia de la muestra al realizar la metodología de DNS y “x” es la concentración de los azúcares reductores en la muestra (g/L). Al emplear a la melaza como aditivo, su alto contenido de azúcares permitió

que la fermentación eliminara las bacterias que descomponen el forraje, y a la vez, mejora su sabor y valor nutritivo (CONADESUCA, 2016).

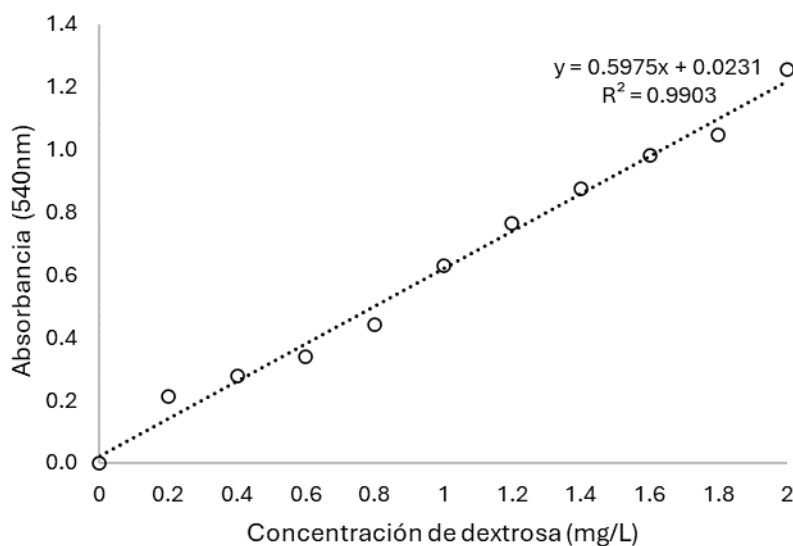


Figura 1. Curva patrón de concentración de dextrosa.

Tabla 1. Cuantificación de azúcares reductores (g/L).

Solución de melaza (% p/v)	Azúcares reductores (g/L)
0	2.63
1	3.95
2.5	10.81
5	11.90

Los resultados obtenidos de la medición de azúcares reductores se muestran en la Tabla 1, estos resultados pueden ser comparables con los obtenidos por Stokes (1992) quien reporta una evaluación de proteínas, carbohidratos y azúcares reductores que se evaluaron en un tratamiento de ensilado de alfalfa, los cuales son 0.79667 g/L, 1.01670 g/L y 1.51167 g/L. y esta determinación también se realizó con la metodología de DNS. Las concentraciones de azúcares reductores encontradas en el presente estudio indican que

las levaduras fermentaron de manera mínima los azúcares y, por lo tanto, la producción de etanol (C_2H_6O) no fue notoria, mostrando que el forraje de alfalfa fue cosechado en su estado óptimo para ensilar y el proceso fermentativo se produjo de manera óptima. Por lo tanto, el forraje evaluado cumple ampliamente este requerimiento, lo que beneficia el ensilaje, ya que el C_2H_6O no sólo disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico, sino que también produce un mal gusto en la leche, según lo



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

descrito por Randby, et al. (1999) y concuerda con lo mencionado por McDonald et al. (1991), quienes aseguran que bajo condiciones aeróbicas, muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO_2 y H_2O y la degradación del ácido láctico eleva el valor del pH del ensilaje, lo cual a su vez permite el desarrollo de otros organismos indeseables.

3.3 Humedad

En la Tabla 2 se presenta la caracterización de humedad del ensilaje de alfalfa forrajera, el T1 obtuvo un peso promedio de 2.8578 g, el T2 de 2.7858 g y el T3 de 2.7803 g, y después de realizar el análisis estadístico de ANOVA no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($\alpha > 0.05$), la cantidad de biomasa que se tiene y el agua que las muestras pierden es muy similar independientemente del tipo de tratamientos, al ser homogénea la extracción de humedad se beneficia todo el proceso del ensilaje como lo describe Ramos (2018), quien menciona que cuanto menor es el nivel de humedad del forraje mayor es el valor de pH a la que se alcanza la estabilidad anaeróbica, los ácidos orgánicos se pierden en este proceso de secado y ello reduce el poder tampón del forraje, lo que ayuda al proceso de ensilado. Por otra parte, cuanto mayor es la humedad del forraje que se ensila mayor es la producción de efluentes, de elevado potencial contaminante por su alto contenido en nutrientes, lo que puede suponer una importante pérdida de valor nutritivo del silo.

3.4 Fibra

En la Tabla 2 se muestra el análisis proximal de fibra en donde se puede observar que existe un margen de diferencia mínimo del 0.044 g al 0.206 g, el cual no es estadísticamente significativo ($\alpha > 0.05$), esto corrobora que los nutrientes contenidos en el ensilado no se vieron afectados de manera negativa, en cambio permiten que estos sean almacenados de manera digerible para el ganado. Estos resultados son análogos a los reportados por Aguirre L et al. (2016), quienes mencionan que la inclusión de alfalfa forrajera en silos genera pequeñas variaciones en la composición química del ensilaje con inóculos

microbianos anaerobios y que el contenido de materia seca puede verse ligeramente disminuido, siendo no significativas estadísticamente, lo que demuestra que las levaduras presentes en cantidades mínimas en el proceso de ensilado no alteran el producto final de forma importante y que la melaza de caña en la fase de almacenamiento, ayuda a fermentar el ácido láctico producido y lo convierten en etanol, haciendo que el pH se eleve, es cuando las bacterias clostridiales utilizan los nutrientes en el forraje para crecer y producir ácido butírico, lo cual reduce la palatabilidad y el valor de alimentación del ensilaje. Además Weiss (2000), menciona que la fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado y rumiantes en general, es indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH ruminal adecuado que permita una buena salud y digestión en la alimentación del ganado, de igual forma, el contenido de fibra en la dieta asocia con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea. Además, la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que pueda aportar una ración, con esto se comprueba que la fibra tiene implicaciones importantes en las prácticas de alimentación del ganado al afectar la salud, la producción y sirve para estimar el contenido de energía de los forrajes y alimentos, así como el consumo voluntario de éste.

4. Conclusión

Se concluye, que es factible alimentar con dietas basadas en ensilaje de alfalfa forrajera complementada con melaza de caña (T2), ya que ésta aporta elementos que sirven tanto para mejorar la fermentación y la actividad microbiana de bacterias probióticas, como aporte nutrimental en el propio ensilado. Por otro lado, a pesar de que el ensilaje contenga bajas cantidades de levaduras (T1), éstas no afectan de manera trascendental y esto se demostró al realizar la comparación de los resultados obtenidos de la medición de los parámetros de



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

humedad y fibra los cuales no presentaron diferencias significativas, lo que sugieren que habrían sido funcionalmente equivalentes, el tratamiento que contenía la melaza y la levadura (T3) no generó una simbiosis favorable, de hecho los resultados fueron semejantes entre todos los tratamientos empleados en este estudio. Se logró hidrolizar la alfalfa forrajera mediante una

digestión microbológica y enzimática, con la que se generaron los azúcares reductores, lo cual mejoró las condiciones del material final y la producción de enzimas para la digestión del ensilaje en todos los tratamientos.

Tabla 2. Contenido de humedad y fibra en silos tratados.

Tratamiento	Contenido de humedad (%)	Contenido de fibra (%)
T1	2.8578 ± 0.0497	2.9402 ± 0.0576
T2	2.7858 ± 0.0428	3.1322 ± 0.1895
T3	2.7803 ± 0.0126	2.7615 ± 0.1482

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) por las facilidades proporcionadas para la realización de este estudio. Asimismo, se agradece a las egresadas del PE de IAPs Yareli Aguilar Hernández y Ximena Aldana García, por su colaboración a este proyecto durante la estadía de Servicio Social y Prácticas Profesionales.

6. Referencias

1. Aguirre L, C. R. (26 de Agosto de 2016). CEDAMAZ. Obtenido de CEDAMAZ: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/64/63>
2. Carillanca, I. (31 de Mayo de 2005). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Agropecuarias : <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/3982/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20119?sequence=1>
3. CONADESUCA. (06 de 12 de 2016). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf
4. Cruz, R. B. (06 de Julio de 2022). FMVZ-UAS. Obtenido de FMVZ-UAS: <https://fmvz.uas.edu.mx/MyP/MANUAL%20DE%20PRACTICAS%20LAB%20INVESTIGACION.pdf>
5. Díaz, F. E. (17 de 09 de 2021). *Universidad Autónoma de Nuevo León*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://eprints.uanl.mx/22311/1/1080315355.pdf>
6. INIFAP. (05 de Septiembre de 2017). *Agenda Técnica Agrícola de Hidalgo*. Obtenido de Agenda Técnica Agrícola de Hidalgo: https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/agendas/4131_4828_Agenda_T%C3%A9cnica_Hidalgo_2017.pdf
7. Jarvis, M. (20 de Junio de 1999). *Nitrogen flows and losses in grasslands*. Obtenido de Nitrogen flows and losses in grasslands.: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02320.x>
8. McDonald P., H. A. (19 de Febrero de 1991). *Food and Agriculture Organization*. Obtenido de Food and Agriculture Organization: <https://www.fao.org/4/x8486s/x8486s04.htm>



Artículo de investigación

Valdez-Muñoz et al., 2024

9. Moreno, A. H. (02 de Marzo de 1977). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de Universidad de Costa Rica: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3967/evaluacion_de_ensilaje_de_pasto_panama.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Ning, T. W. (22 de Abril de 2017). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Library of Medicine: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0046>
11. Pietrosevoli, S. (22 de Marzo de 1997). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Obtenido de Archivos Latinoamericanos de Producción Animal: [file:///C:/Users/Benito/Downloads/129-Article%20Text-225-1-10-20050216%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Benito/Downloads/129-Article%20Text-225-1-10-20050216%20(1).pdf)
12. Ramos, A. C. (06 de Marzo de 2018). *UPM*. Obtenido de UPM: https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf
13. Randby, A. S.-O. (28 de Mayo de 1999). *Food and Agriculture Organization*. Obtenido de Food and Agriculture Organization: <https://www.fao.org/4/x8486s/x8486s04.htm>
14. Stokes. (1992). Efecto de una mezcla de enzimas, un inoculante y su interacción en la fermentación del ensilaje y la producción de lácteos. *J.Ciencia láctea*, 75:764-773.
15. Suárez-Machín, C., & Garrido-Carralero, N. A. (28 de Noviembre de 2016). *ICIDCA*. Obtenido de ICIDCA: <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=2231>
16. Terrádez, M. (16 de Octubre de 2019). *Universidad Oberta de Catalunya*. Obtenido de Universidad Oberta de Catalunya: [https://d1wqtsts1xzle7.cloudfront.net/60309250/ANOVA20190816-82517-sn30if-libre.pdf?1565964567=&response-content-](https://d1wqtsts1xzle7.cloudfront.net/60309250/ANOVA20190816-82517-sn30if-libre.pdf?1565964567=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalysis_de_la_varianza_ANOVA_ANALISIS_D.pdf&Expires=1712966323&Signature=L4A8Pok-GNcgDuPzbYBr5KyJBsTwtSdFFdu)
17. Urrutia, J. M. (08 de Octubre de 2020). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/ques-el-ensilaje-y-cual-es-el-proceso-de-elaboracion>
18. Urrutia, J. M. (08 de Octubre de 2020). *Proain Tecnología Agrícola*. Obtenido de Proain Tecnología Agrícola: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/ques-el-ensilaje-y-cual-es-el-proceso-de-elaboracion>
19. Viresa. (19 de Abril de 2021). *Viresa Laboratorio*. Obtenido de Viresa Laboratorio: https://viresa.com.mx/blog_hornos_incubadoras#:~:text=Una%20incubadora%20es%20un%20dispositivo,ox%C3%ADgeno%20en%20su%20atm%C3%B3sfera%20interior.
20. Weiss, w. (17 de Septiembre de 2000). *LANCE Nutrition and management of periparturient-cows*. Obtenido de LANCE Nutrition and management of periparturient-cows.: <file:///C:/Users/Benito/Downloads/Dialnet-LaFibraEnLaAlimentacionDelGanadoLechero-5166275.pdf>

**Artículo Corto de Investigación**<https://doi.org/10.61767/mjte.003.2.4045>

Cepeda et al., 2024

Recibido: 01-08-2024

Revisado: 16-08-2024

Aceptado: 02-09-2024

Publicado: 10-09-2024

Eficiencia de la limpieza por ultrasonido en tinas para aplicaciones industriales

Efficiency of ultrasonic cleaning in vats for industrial applications

O. Cepeda^{1*}, S. Silva¹, M. Hernández¹, H. Flores¹¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Mante (UAMM), Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. 89840.* Corresponding author: omcg_12@hotmail.com

Resumen

Este artículo examina la eficiencia de las tinas ultrasónicas en procesos de limpieza industrial, enfocándose en la influencia de factores como la frecuencia del ultrasonido, la temperatura del líquido limpiador y la concentración de alcohol isopropílico. Se realizaron experimentos utilizando una tina ultrasónica ajustable para evaluar su rendimiento en la limpieza de piezas metálicas contaminadas con grasa, óxido y polvo. Se encontró que una frecuencia de 40 kHz, combinada con una temperatura del líquido de 35°C y una concentración de alcohol del 99.99%, maximizó la remoción de contaminantes en tiempos mínimos. Específicamente, la pasta térmica se eliminó completamente en 10 minutos, el óxido en 15 minutos y el polvo en 5 minutos. Estos hallazgos subrayaron la eficacia de las tinas ultrasónicas como una solución avanzada, eficiente y ecológica para la limpieza industrial, y proporcionaron recomendaciones prácticas para su uso óptimo en diferentes aplicaciones.

Palabras clave: Frecuencia, cavitación, contaminantes, temperatura.

Abstract

This article examined the efficiency of ultrasonic vats in industrial cleaning processes, focusing on the influence of key parameters such as ultrasound frequency, cleaning liquid temperature, and isopropyl alcohol concentration. Experiments were conducted using an adjustable ultrasonic tub to evaluate its performance in cleaning metal parts contaminated with grease, rust, and dust. A frequency of 40 kHz, combined with a liquid temperature of 35°C and an alcohol concentration of 99.99%, was found to maximize contaminant removal in minimal time. Specifically, thermal paste was completely removed within 10 minutes, rust within 15 minutes, and dust within 5 minutes. These findings underscored the efficacy of ultrasonic vats as an



Artículo Corto de Investigación

Cepeda et al., 2024

advanced, efficient and environmentally friendly solution for industrial cleaning, and provided practical recommendations for their optimal use in different applications.

Keywords: Frequency, cavitation, contaminants, temperature.

1. Introducción

La limpieza de componentes industriales es una tarea fundamental para mantener la operatividad y la eficiencia de maquinaria y equipos en diversos sectores. En este contexto, las tinas ultrasónicas emergieron como una tecnología avanzada y eficaz para la eliminación de contaminantes adheridos a superficies complejas, utilizando ondas sonoras de alta frecuencia que inducen cavitación en el líquido limpiador. Este fenómeno de cavitación generó microburbujas que, al colapsar, desintegraron y eliminaron eficazmente la suciedad incrustada, despertando un interés considerable en su aplicación en industrias que demandan altos estándares de limpieza (Fuchs, 2015).

La tecnología de ultrasonido se desarrolló significativamente desde su introducción en la década de 1920. Hoy en día, se clasifica en dos categorías principales: ultrasonido de alta frecuencia y baja intensidad (100 kHz a 1 MHz) y ultrasonido de baja frecuencia y alta intensidad. Mientras que la primera se emplea en técnicas de conservación, la segunda se utiliza en tratamientos antimicrobianos y de limpieza industrial (Abd-Elseyed, 2024; Honda, 2021). Los avances en la fabricación de materiales y en el diseño de transductores permitieron la producción de tinas más eficientes y versátiles, capaces de manejar una amplia gama de solventes de limpieza sin comprometer la integridad del equipo (Gogate y Pandit, 2001).

La tina ultrasónica en el ámbito de la electrónica representa una solución innovadora y eficiente para la limpieza de componentes delicados y sensibles, como placas de circuito impreso (PCB), chips, conectores y otros dispositivos electrónicos. Utilizando vibraciones de alta frecuencia generadas por transductores

piezoeléctricos, este dispositivo es capaz de eliminar con precisión la suciedad, los residuos de soldadura y otros contaminantes de la superficie de los componentes electrónicos, incluso en áreas de difícil acceso. Proporciona una solución más económica que el tallado convencional, el uso del jabón tradicional y la manipulación manual, además de que complementa un mejor rendimiento de los objetos o utensilios que maneja (Kohli & Mittal, 2010).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia de las tinas ultrasónicas en la limpieza de componentes industriales, con un enfoque en la identificación de los parámetros clave que optimizan su rendimiento, como la frecuencia del ultrasonido, la temperatura del líquido limpiador y la concentración de detergentes. Asimismo, se busca proponer mejores prácticas para el uso de estas tinas en diversas aplicaciones, garantizando una limpieza profunda y eficiente que minimice el impacto ambiental y reduzca la necesidad de productos químicos agresivos.

Algunas de las aplicaciones más importantes de del método de limpieza de la tina ultrasónica son: en la industria médica limpiar instrumentos quirúrgicos y dentales, garantizando una limpieza profunda y la eliminación de residuos biológicos y químicos. En la industria electrónica, las tinas ultrasónicas son cruciales para la limpieza de componentes electrónicos delicados, como placas de circuitos impresos, donde los contaminantes pueden afectar el rendimiento y la vida útil de los dispositivos. En la industria automotriz estos dispositivos se utilizan para limpiar componentes de motores, piezas de transmisión y otros elementos donde la acumulación de grasa, aceite y otros contaminantes puede ser perjudicial. En el sector de la joyería, las tinas ultrasónicas permiten la limpieza de piezas complejas y



Artículo Corto de Investigación

Cepeda et al., 2024

delicadas, eliminando suciedad y residuos sin dañar los materiales preciosos.

El alcance del trabajo incluye la realización de pruebas experimentales que permitieron determinar las mejores condiciones operativas para la limpieza de componentes metálicos contaminados con grasa, óxido y polvo. A través de la optimización de los parámetros mencionados, este estudio no solo contribuye al entendimiento de la tecnología ultrasónica, sino que también proporciona un marco de referencia práctico para su aplicación en la industria, destacando su potencial como una herramienta poderosa y versátil para la limpieza industrial.

2. Materiales y métodos

Las tinas ultrasónicas operan mediante la generación de ondas sonoras de alta frecuencia, típicamente entre 20 y 50 kHz, que son transmitidas a través de un líquido limpiador. Estas ondas producen cavitación, un proceso que crea y colapsa microburbujas en el líquido, generando altas fuerzas de impacto que desintegran y eliminan los contaminantes.

Entre los factores que determinan el funcionamiento del método están: la frecuencia de las ondas sonoras, que determina el tamaño de las burbujas de cavitación; las frecuencias más altas generan burbujas más pequeñas, adecuadas para la limpieza de partículas finas. Asimismo, a temperaturas más altas, la cavitación es más eficiente debido a la disminución de la viscosidad del líquido. Además, la concentración del detergente puede mejorar la eficacia de la limpieza al reducir la tensión superficial del líquido (alcohol isopropílico).

Se utilizó una tina de 30,000 cm³ (30 litros) para las pruebas experimentales. Se recomendó utilizar un recipiente de metal no muy grueso para permitir que las ondas se propaguen con mayor facilidad. En la placa fenólica con el circuito impreso, se conectó un LED y una resistencia (valor 1 k Ω) al positivo y al negativo como indicadores de encendido.

Posteriormente, se empleó un oscilador (NE555 de 5V). El pin 1 se conectó al negativo (GND), y una resistencia (valor 470 Ω) se conectó al pin 7, que se descargó al pin 2 de un potenciómetro (valor 100K Ω), con una resistencia de 1k Ω entre el pin 1 del potenciómetro y el pin 2 del oscilador, puenteando al pin 6. Un capacitor (tantalio, 0.022 μ F) se conectó al negativo para filtrar la energía descargada de este.

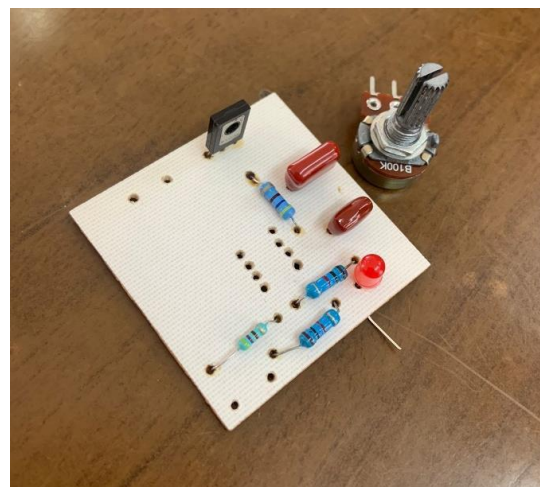


Figura 1. Placa fenólica con componentes instalados (en proceso).

Los pines 8 y 4 se conectaron al positivo (VCC), y un capacitor (tantalio, 0.1 μ F) se conectó del pin 5 al negativo. Finalmente, una resistencia de 470 Ω se conectó del pin 3 del 555 a la base del transistor (BD135). El colector pin 2 se conectó a un cable de bocina (ELAC 4Pi Plus.2, tweeter), el otro cable del tweeter va al positivo, y el emisor (pin 3) del BD135 se conectó al negativo. De esta manera, se creó un multivibrador astable para una tina de limpieza ultrasónica.

Antes de instalar el circuito junto con los tweeters, se comprobó en qué parte del recipiente se podían propagar las ondas de manera más uniforme para garantizar una limpieza efectiva. Una vez encontrada la posición adecuada, se instaló el circuito junto con los tweeters.

Se agregó la opción del regulador al circuito para permitir un ajuste en la potencia de las ondas ultrasónicas, lo que facilitó su manejo para el



Artículo Corto de Investigación

Cepeda et al., 2024

usuario y mejoró su eficacia dependiendo del objeto que se estuviera limpiando.

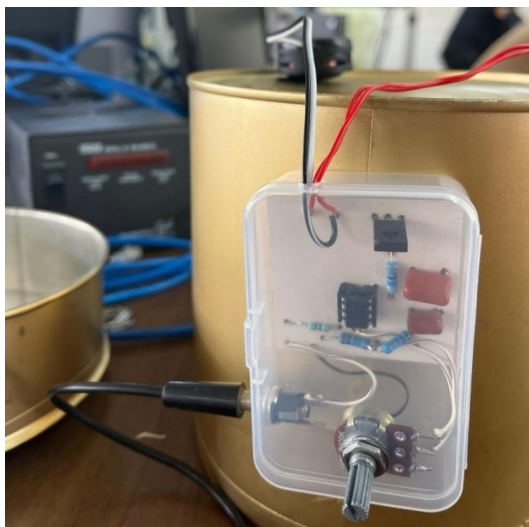


Figura 2. Circuito terminado alimentado por fuente externa de 9v.

Se colocó una fuente de poder externa de 9V al conector de voltaje (Jack) para alimentar el circuito. Además, se agregó una tapa al recipiente para que las ondas ultrasónicas reboten dentro y mejoren su eficacia.



Figura 3. PCB de un circuito electrónico antes del lavado ultrasónico.



Figura 4. PCB de un circuito electrónico después del lavado ultrasónico.

3. Resultados y discusión

Mediante las pruebas realizadas con la tina ultrasónica de 30 litros ajustable en la limpieza de piezas metálicas contaminadas con grasa, óxido y polvo, los resultados demostraron que las sustancias no deseadas como la pasta térmica, se elimina completamente en 10 minutos, el óxido se eliminó en 15 minutos y el polvo se eliminó en 5 minutos.

Las pruebas se realizaron a una frecuencia de 40 kHz, una temperatura del líquido de 35°C y una concentración de alcohol isopropílico del 99.99%. La eficiencia observada en la remoción de contaminantes con una frecuencia de 40 kHz coincide con estudios previos que destacan esta frecuencia como óptima para la cavitación efectiva (Mason y Peters, 2002). La cavitación en esta frecuencia genera burbujas suficientemente pequeñas para penetrar en partículas finas y desintegrarlas, proporcionando una limpieza exhaustiva sin dañar las superficies (Wuchao et al., 2021).



Artículo Corto de Investigación

Cepeda et al., 2024

La temperatura del líquido de 35°C, cercana a la temperatura ambiente, también resultó ser efectiva. Estudios han demostrado que temperaturas moderadas pueden mejorar la eficiencia de la cavitación al reducir la viscosidad del líquido sin necesidad de un calentamiento adicional (Kohli y Mittal, 2010). La combinación de una temperatura adecuada con una frecuencia específica asegura una mayor eficacia en la limpieza de contaminantes adheridos.

La alta concentración de alcohol isopropílico (99.99%) utilizada en este estudio complementa los hallazgos de investigaciones anteriores, que indican que una alta concentración de alcohol mejora la capacidad de limpieza al reducir la tensión superficial del líquido y mejorar la acción mecánica de la cavitación (Wang, 2023). Esto resulta especialmente relevante para contaminantes como la pasta térmica y el óxido, que requieren una limpieza efectiva para eliminar residuos sin dejar trazas.

Estos resultados subrayan la eficacia de las tinas ultrasónicas como una solución avanzada para la limpieza industrial. Comparado con métodos tradicionales que a menudo dependen de productos químicos agresivos, el uso de tinas ultrasónicas representa una opción más ecológica y eficiente. La tecnología ultrasónica permite una limpieza profunda con menos impacto ambiental, alineándose con las tendencias actuales hacia prácticas industriales más sostenibles, como señalan Chhikara et al. (2022) y Gogate y Pandit, (2001).

Se confirma que las tinas ultrasónicas son altamente efectivas para la limpieza industrial, especialmente cuando se optimizan los parámetros de frecuencia, temperatura del líquido y concentración de detergente. Estas tinas ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia y sostenibilidad, contribuyendo a la reducción del uso de productos químicos agresivos y proporcionando soluciones prácticas para diversas aplicaciones industriales.

4. Conclusiones

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de las tinas ultrasónicas en la limpieza de componentes industriales, enfocándose en identificar los parámetros clave que optimizan su rendimiento. A través de experimentos realizados con una tina de 30 litros, se determinó que la frecuencia de 40 kHz demostró ser óptima para la cavitación y la remoción de contaminantes, generando burbujas pequeñas que permiten una limpieza efectiva de partículas finas adheridas a las superficies.

La temperatura del líquido de 35°C, cercana a la temperatura ambiente, mejoró la eficacia de la cavitación sin requerir calentamiento adicional, lo cual resultó en una limpieza eficiente y protegió los componentes sensibles. Por su parte, la concentración de alcohol isopropílico del 99.99% mejoró la capacidad de limpieza al reducir la tensión superficial del líquido y complementar la acción mecánica de la cavitación, especialmente en la eliminación de contaminantes difíciles como pasta térmica y óxido.

Los resultados indican que las tinas ultrasónicas son una herramienta eficaz para la limpieza de contaminantes en componentes industriales, proporcionando una solución avanzada que combina eficiencia con sostenibilidad ambiental. La optimización de los parámetros de frecuencia, temperatura y concentración de detergente maximiza los resultados de limpieza, reduciendo la necesidad de productos químicos agresivos.

El estudio subraya la importancia de ajustar estos parámetros para obtener los mejores resultados en la limpieza industrial, y sugiere que las tinas ultrasónicas pueden ser implementadas en una variedad de aplicaciones industriales para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. La tecnología ultrasónica no solo representa un avance significativo en la limpieza, sino que también contribuye a prácticas industriales más sostenibles y menos dependientes de productos químicos dañinos.



Artículo Corto de Investigación

Cepeda et al., 2024

Este trabajo proporciona una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones de la tecnología ultrasónica en la industria, destacando su potencial para revolucionar los métodos de limpieza y apoyar la sostenibilidad ambiental.

5. Referencias

1. Abd-Elsayed, A., Young, E. & Zaky, S. (2024). 'Principles of Ultrasound', in Alaa Abd-Elsayed (ed.). *Basic Anesthesia Review*. Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/med/9780197584569.003.0015>
2. Chhikara, N. Panghal, A., Chaudhary, G. (2022). Radio-Frequency Technology in Food Processing. Chhikara, N., Panghal, A. y Chaudhary, G. (eds.). (2022). *Novel Technology in food science*. <https://doi.org/10.1002/9781119776376.ch7>
3. Fuchs, F.J. (2015). Ultrasonic cleaning and washing of surfaces. *Power Ultrasonics. Applications of High-Intensity Ultrasound*. 577-609. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781782420286000193?via%3Dihub>
4. Gogate, P. R., & Pandit, A. B. (2001). A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. *Advances in Environmental Research*, 8(3-4), 501-551. <https://core.ac.uk/download/pdf/291534917.pdf>
5. Honda, A., Sugino, F. Yamamoto, K. (2021). Inactivation of Algae and Plankton by Ultrasonic Cavitation. *Sustainability*. 13 (12). <https://doi.org/10.3390/su13126769>
6. Kimmel, T., Kunkel, C., Ait Sghir, M. et al. (2023). Potencial de los ultrasonidos para el ahorro de energía en el proceso de lavado doméstico. *Energy Efficiency*. 16 ,33. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10115-7>
7. Kohli, R. & Mittal, K. (2010). *Developments in Surface Contamination and Cleaning*. Ed. William Andrew. <https://www.sciencedirect.com/book/9781437778304/developments-in-surface-contamination-and-cleaning>
8. Mason, T. J., & Peters, D. (2002). *Practical sonochemistry: Power ultrasound uses and applications*. Woodhead Publishing. <https://www.sciencedirect.com/book/9781898563839/practical-sonochemistry>
9. Wang, Z. (2023). Limpieza ultrasónica. En: Wang, Z. (ed.) *Modelado del proceso de microfiltración*. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0471-6_7
10. Wuchao, Wang., Qi, Zhou., Haofan, Long., Yanyun, Zhang., Luqman, Jameel, Rather., Qing, Li. (2021). Un estudio sobre la optimización de la frecuencia de irradiación para el lavado ultrasónico de textiles. *Fibras y polímeros*. 22(5) doi: 10.1007/S12221-021-0573-1
11. Young, E. y Zaky, S. (2024). Principles of Ultrasound. En Abd-Elsayed, A. (ed.) (2024). *Basic Anesthesia Review*. Oxford Medicine Online. <https://doi.org/10.1093/med/9780197584569.003.0015>



Anexos de la publicación

GUÍA PARA AUTORES

Los autores que sometan artículos a la revista deberán incluir una carta de exposición de motivos donde expongan la congruencia de su manuscrito con la revista, así mismo, en la misma carta, deben exponer que los autores están de acuerdo con las políticas editoriales de la revista.

Tipos de publicación

Artículos de investigación: Estos deberían incluir de forma completa, clara y concisa el estado del arte, metodología y los hallazgos experimentales obtenidos por el autor (o grupo de autores).

Artículos de revisión: Este tipo de publicación deberá ser producto de una rigurosa revisión bibliográfica y, como fruto de ella debe ofrecer una clara prospectiva del tema. La extensión deberá ser entre las 5000 y 10000 palabras (incluyendo bibliografía).

Contribuciones cortas: Esas serán aceptadas cuando se consideren un avance considerable de un hallazgo experimental y, por lo tanto, se hace de forma preliminar. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras. También son aceptables artículos de revisión cortos (mini review) y estos no deben exceder las 5000 palabras (incluyendo bibliografía).

Artículos de divulgación: Se podrán abordar temas acordes a alguna de las áreas de la revista, su redacción deberá ser orientada hacia el público en general. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras.

Lenguaje

La Mexican Journal of Technology and Engineering aceptará indistintamente contribuciones en español e inglés. Investigadores con lengua materna diferente al inglés, deben presentar un certificado de revisión emitido por alguna agencia de servicio de traducción y corrección de estilo.

Envío de manuscritos

Para enviar manuscritos a la revista es necesario que uno de los autores sea designado como autor de correspondencia. La dirección postal completa y correo electrónico debe señalarse dentro del manuscrito sometido. El autor de correspondencia deberá asegurarse de que el manuscrito sometido cumpla con todos los requerimientos señalados en la guía de autores y asegurarse de tener los siguientes documentos antes del envío:



Anexos de la publicación

- El Archivo en Word del manuscrito.
- Archivos individuales de las imágenes utilizadas en el manuscrito en formato JPG o TIFF.
- Archivo JPG o TIFF con el resumen gráfico (opcional).
- En caso de someter en idioma inglés, el certificado de revisión.
- En caso de utilizar recursos visuales provenientes de otras fuentes debe incluir una carta de permiso para el uso del material de los autores originales o de la editorial responsable.

Todos los archivos deberán enviarse al correo electrónico editorial@mexicanjournalte.com. Las notificaciones relacionadas con la decisión del editor y el proceso de revisión serán enviadas al correo electrónico del autor de correspondencia.

Árbitros

En todos los casos los manuscritos sometidos serán arbitrados de forma independiente. Para ello, los autores pueden enviar junto con el documento sometido, un escrito donde sugieran hasta tres árbitros; proporcionando, el nombre del investigador, adscripción y correo electrónico.

Revisión por pares

La revista opera con un proceso de revisión de simple ciego. Todas las contribuciones serán revisadas por el editor de área y, una vez determinada la idoneidad del escrito sometido, se enviará para su revisión a un mínimo de dos revisores expertos quienes evaluarán la calidad científica. El editor del área será el responsable de la decisión final (aceptación o rechazo) de cada manuscrito.

Estructura y formato de las contribuciones

Aspectos generales

Todas las contribuciones que se propongan para su publicación en la *Mexican Journal of Technology and Engineering* deberán ser escritas a doble espacio (incluyendo tablas, figuras y referencias) y, usando Calibri (cuerpo), tamaño 11 en todo el manuscrito. Los márgenes en todos los costados serán de 2.5 cm. Los renglones deben estar numerados (con numeración consecutiva) en todo el manuscrito.

Los artículos deben estar divididos en secciones y subsecciones del artículo deben estar claramente definidas y debidamente numeradas (secciones: 1, 2, 3, ...; subsecciones: 1.1, 1.2, 1.3...). Los apartados básicos de la estructura principal del manuscrito se definen a continuación:



Anexos de la publicación

Título. El título debe estar redactado en español e inglés. Deberá ser breve (20 palabras o menos), conciso e informativo, reflejando de forma sustanciosa el contenido de la contribución. El título deberá estar centrado, con mayúsculas (excepto por nombres científicos) y sin punto final. Evitar las abreviaciones, asteriscos y fórmulas a medida donde sea posible. Cuando sea el caso, nombres científicos de especies se escribirán con itálicas y con mayúscula en la primera letra del género.

Nombres de los autores. Los autores deben ser nombrados con un nombre y, posteriormente, el apellido (o apellido compuesto). Los autores deben estar separados por comas y al final del apellido se colocarán superíndices numéricos progresivos que indicarán la afiliación de cada autor. Su ubicación será centrada, inmediatamente debajo del título, sin grados académicos y sin cargos laborales.

Afiliaciones. Colocar las afiliaciones de forma numérica y en orden de aparición de los autores. Colocar la institución, el departamento, código postal y país.

Autor de correspondencia. El autor de correspondencia debe ser señalado con un asterisco en forma de superíndice. Sus datos de correspondencia deben contener: Institución, departamento, dirección postal, código postal, ciudad, país y correo electrónico.

Resumen. Debe ser redactado en español e inglés, con un máximo de 300 palabras de extensión. Debe estar redactado en el idioma en el que está escrito el artículo. Debe de englobar los contenidos y conclusiones relevantes del artículo.

Palabras clave. Incluir términos que faciliten la búsqueda del artículo en línea, se aceptarán de tres a seis términos simples o compuestos, con mayúscula sólo los nombres propios, separados por comas, con punto al final de la última. Se ubicarán abajo del resumen alineadas al margen izquierdo del texto.

Introducción. Redactar el estado del arte que sustente la relevancia de la investigación y establecer de forma clara los objetivos del artículo.

Materiales y métodos. Redactar de forma detallada los procedimientos utilizados en el trabajo experimental y, en el caso de realizar procedimientos provenientes de otras fuentes de información, referenciarlos adecuadamente.

Resultados y discusión. Se presentarán los hechos derivados de la aplicación de las metodologías descritas, ordenados de manera lógica y objetiva. Los resultados deben ser descritos de forma clara y precisa, sin recurrir a la repetición de datos de tablas y figuras. En la discusión, se debe interpretar la relevancia de los resultados obtenidos y su comparación con la literatura publicada.

Conclusiones. Deben presentarse de forma categórica, breve y precisa, mencionando las aportaciones específicas al conocimiento con base en los resultados más relevantes del manuscrito.

Agradecimientos. En caso de que los autores lo consideren adecuado, en esta sección podrán reconocer a personas o instituciones que financiaron, asesoraron o auxiliaron en la investigación.



Anexos de la publicación

Referencias. Las referencias deben presentarse en formato APA.

Tablas. Colocar las tablas al final del manuscrito (como texto editable), en orden de aparición y debidamente numeradas. Las tablas deben de referenciarse en el manuscrito. Colocar encima de la tabla su descripción.

Imágenes. Las imágenes deben referenciarse en el manuscrito. Colocar al final del manuscrito los pies de imagen y enviar las imágenes en archivos independientes en formato JPG o TIFF. Las imágenes deben contener de 300 a 1000 dpi.

***NOTA:** Por su naturaleza, los artículos de divulgación y de revisión bibliográfica están exentos de las secciones de materiales y métodos y, resultados y discusión. Las secciones y subsecciones del cuerpo del manuscrito son determinadas por los autores.