

Bioética, Inocuidad y Bienestar Animal

Producción de carne y leche



Rosario Martínez Yáñez
Coordinación y edición

Bioética, Inocuidad y Bienestar Animal: Producción de Carne y Leche



Bioética, Inocuidad y Bienestar Animal: Producción de Carne y Leche

1ª edición 2016

D.R. © De la presente edición:

Universidad de Guanajuato

Lascuráin de Retana núm. 5

Zona Centro

C.P. 36000

Guanajuato, Guanajuato

Del texto: Los autores

ISBN: 978-607-441-420-2

Coordinación y edición:

Rosario Martínez Yáñez

Diseño de Portada y Contraportada:

Atenea M. Albertos Martínez

Artes Digitales, Universidad de Guanajuato

Prohibida la reproducción total o parcial del presente libro sin el consentimiento previo del editor y autores

DIRECTORIO

DR. LUIS FELIPE GUERRERO AGRIPINO
Rector General

DR. HÉCTOR EFRAÍN RODRÍGUEZ DE LA ROSA
Secretario General

DR. JOSÉ LUIS LUCIO MARTÍNEZ
Secretario Académico

MTRO. JORGE ALBERTO ROMERO HIDALGO
Secretario de Gestión y Desarrollo

DR. ERNESTO ALFREDO CAMARENA AGUILAR
Rector del Campus Irapuato - Salamanca

DR. EDUARDO SALAZAR SOLÍS
Director División de Ciencias de la Vida

DR. JOSÉ MARIO MENDOZA CARRILLO
Director Departamento de Agronomía

NOTA

La redacción del trabajo escrito, sus contenidos y la interpretación de los resultados, es total y completa responsabilidad de los autores.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.	
Bienestar animal y calidad de la carne.....	1
<i>Víctor Manuel Toledo López, María de Lourdes Vargas y Vargas</i>	
CAPÍTULO 2.	
Implicaciones sanitarias de antibióticos y otros fármacos en leche.....	25
<i>Luis Manuel Orozco Castellanos, Juan Ramón Zapata Morales, Ángel Josabad Alonso Castro, Héctor Gabriel Orozco Castellanos</i>	
CAPÍTULO 3.	
Sistemas de matanza TIF, Kosher y Halal: religión vs bienestar animal.....	48
<i>José Mario Mendoza Carrillo, Daniel Díaz Plascencia, Fidel Ávila Ramos</i>	
CAPÍTULO 4.	
Experiencia en el control de clenbuterol bioética e inocuidad.....	73
<i>Francisco Javier González López</i>	
CAPÍTULO 5.	
Seguridad e inocuidad alimentaria y nutricional: su reelevancia en la salud poblacional.....	90
<i>Rebeca Monroy Torres</i>	
CAPÍTULO 6.	
Carne de pollo, su oxidación lipídica y como prevenirla.....	108
<i>Fidel Ávila Ramos, José Sergio López Briones, José Mario Mendoza Carrillo, Daniel Díaz Plascencia</i>	
CAPÍTULO 7.	
Producción, inocuidad y comercialización de la carne de conejo.....	126
<i>María del Rocío Parada Hernández</i>	

CAPÍTULO 8.

- Pérdida de proteína y rendimiento en carne de porcino originado por el uso de dos diferentes técnicas de matanza..... 142**
María Concepción Méndez Gómez Humarán, Elba Orozco Estrada, Gonzalo Palomares Calleja, Juana Elizabeth Elton Puente, María del Carmen Salazar Piñón, Roxana Preciado Cortes

CAPÍTULO 9.

- Desarrollo biotecnológico de un aditivo a base de levaduras vivas obtenidas de la fermentación de subproductos de manzana para mejorar la alimentación en animales productores de carne y leche..... 169**
Daniel Díaz Plascencia, Pablo Fidel Mancillas Flores, Carlos Rodríguez Muela, José Mario Mendoza Carrillo, Rosario Martínez Yáñez

CAPÍTULO 10.

- Aislamiento y caracterización morfológica de bacterias gram positivas en muestras de leche positiva a mastitis de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo..... 201**
Verónica Azucena Ibarra Medina, Martín A. Meza Nieto, María Guadalupe Torres Cardona, Norma Güemes Vera, Aurora Quintero Lira, José Isidro Alejos de la Fuente, Javier Piloni Martini

CAPÍTULO 11.

- No conformidades a requisitos de la normatividad sanitaria en un establecimiento que produce salchicha Viena..... 224**
Patricia Mora Medina

CAPÍTULO 12.

- Determinación de *Salmonella* spp. en hamburguesa con carne de cordero adicionada con otras fuentes alimenticias..... 243**
Edgar Eduardo Becerra Rojas, María del Rosario Jiménez Badillo, María Zamira Tapia Rodríguez, Georgina Aideé Arias Ramírez

CAPÍTULO 13.

- Evaluación del alojamiento como indicador de bienestar en vacas lecheras..... 260**
María Guadalupe Torres Cardona, José Isidro Alejos de la Fuente, Javier Piloni Martini, Martín A. Meza Nieto, J. Jesús Germán Peralta Ortiz

CAPÍTULO 14.

Análisis del bienestar animal de un hato lechero con base en la evaluación de lesiones, instalaciones y su efecto en la producción láctea fundamentado en el National Dairy Farm Program.....	274
<i>Alejandra Jiménez Loarca, Nora Rosalía Flores Huitron, Patricia Mora Medina, Salvador Carlos Flores Peinado</i>	
Relación de Autores.....	287

PRESENTACIÓN

El presente texto tiene como objetivo compartir el conocimiento y las experiencias generadas durante los últimos años entre los investigadores que trabajan en México en los diversos aspectos científicos de la producción de carne y leche, desde la bioética, inocuidad y bienestar animal.

El público objetivo de la presente obra, son todas aquellas personas interesadas en los avances y la aplicación del conocimiento generado en cinco diferentes especies productivas de carne y/o leche: borregos, cerdos, conejos, aves y bovinos, enfocados en temas de bioética, inocuidad y bienestar animal, por lo que está dirigido a académicos, investigadores y productores involucrados en la cría, producción e industrialización de la carne y leche. Los temas abordados en el presente texto, incluyen diversas áreas del conocimiento aplicado a la producción de carne y leche desde diferentes disciplinas, cuya importancia radica en la optimización de los recursos, tomando en cuenta el bienestar de los animales y la inocuidad de los alimentos tanto a nivel productivo a pequeña escala o grande.

Dra. Rosario Martínez Yáñez

Agradecimientos

A todos los autores por sus valiosas aportaciones para la creación de esta obra.

CAPÍTULO 1

BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CARNE

Víctor Manuel Toledo López
María de Lourdes Vargas y Vargas

Introducción

El Bienestar Animal (Animal Welfare) es relativamente reciente como disciplina científica. Se trata de una rama de la ciencia de la salud y producción animal en ascendente compenetración con el sector académico, de elaboración de políticas públicas, de productores y de consumidores, aunque su enseñanza y conocimiento de sus postulados aún es incipiente en nuestro medio universitario y técnico. Inicialmente la expresión “bienestar animal” surgió en la sociedad para expresar inquietudes éticas con respecto al tratamiento que se da a los animales, para posteriormente pasar a significar un concepto científico.

El bienestar animal puede definirse como el estado de completa salud física y mental, en que el animal es capaz de adaptarse al ambiente que le rodea. Todos los animales perciben constantemente estímulos externos ante los que necesitan adaptarse. Para ello, el organismo pone en marcha el mecanismo que tradicionalmente se conoce con el nombre de respuesta de estrés o respuesta de adaptación que le permite sobrevivir. Esta respuesta consiste en un cambio en la conducta del animal, al mismo tiempo que se activan los sistemas neuroendocrinos¹⁷. De acuerdo con Hewson¹⁰, el primer enfoque coloca el énfasis en el estado y entorno físico del animal (salud, alojamiento, etc.), identificando así el bienestar cuando los animales se encuentren libres de enfermedades, lesiones, desnutrición o anomalías fisiológicas, de manera que sean capaces de prosperar, con niveles de crecimiento y reproducción normales.

El segundo de los enfoques parte de la consideración del animal como ser “sintiente”, colocando el acento en aspectos relacionados con los sentimientos o emociones

de los animales (miedo, angustia, frustración, etc.), de manera tal que el bienestar es asociado al confort o satisfacciones que experimente el animal al encontrarse libre de dolor, miedo, hambre, sed o cualquier otra situación de incomodidad, máxime si es intensa o prolongada. Por último, el tercero de los enfoques es próximo al anterior pero con la particularidad de que subraya la necesidad de que los animales se mantengan en ambientes razonablemente naturales, que les permitan desarrollar su amplia gama de comportamientos, capacidades y adaptaciones específicas.

Tabla 1. Criterios para el bienestar animal

Criterio	Principio	Significado
Buena alimentación	Ausencia de hambre prolongada	Los animales no deben sufrir hambre
	Ausencia de sed prolongada	Los animales no deben sufrir sed
Buen alojamiento	Confort en el descanso	Los animales deben estar confortables, especialmente en las áreas de descanso
	Confort termal	Los animales deben tener un buen ambiente
	Fácil movilidad	Los animales deben tener libertad de movimientos
Buena salud	Ausencia de injurias	Los animales no deben ser físicamente injuriados
	Ausencia de enfermedades	Los animales deben estar libres de enfermedades
	Ausencia de dolores ocasionados por el manejo	Los animales no deben tener dolores por manejo inapropiado
Conducta apropiada	Expresión de la conducta social	A los animales se les debe permitir expresar su natural, no agresiva, conducta social
	Expresión de otras conductas	Los animales deben tener la posibilidad de expresar otras intuitivas y deseables conductas naturales, tales como la exploración y el juego
	Buena relación hombre-animal	Una buena relación hombre-animal, es beneficiosa para el bienestar animal
	Ausencia general de miedo	Los animales no deben tener experiencias de emociones negativas como el miedo, angustia, frustración y apatía

Fuente: Unión Europea: European Union Animal Welfare Quality Program (2009).

12 criterios para propiciar el bienestar animal

- Los animales no deben sufrir hambre
- Tendrán acceso a un suministro de agua suficiente
- Se debe facilitar la comodidad durante el descanso
- La temperatura debe ser la adecuada, hay que evitar los extremos
- El espacio debe ser el adecuado para el número de animales que lo ocupan
- Deben controlarse las lesiones físicas
- Las condiciones higiénicas y de cuidado han de ayudar a controlar la presencia de enfermedades
- En caso de manejo y sacrificio de los animales, debe evitarse el dolor
- El aseo es fundamental
- Cada especie tiene que poder actuar como tal, en consonancia con sus comportamientos naturales
- La relación entre los cuidadores y los animales debe ser óptima
- Hay que evitar sensaciones como miedo, angustia o frustración

Estas premisas abarcan al ganado porcino, bovino y aviar.

El bienestar no es una variable que podamos cuantificar por lo que debemos determinarlo teniendo en cuenta distintos aspectos y problemas relacionados con él. Pero además a la hora de valorarlo el principal problema que tiene la mayor parte de los indicadores es la “calibración”, es decir, ¿cuánto de un cambio indica una disminución del bienestar?

Por ello, se deben usar tantas fuentes como sea posible, individualmente o de forma combinada, y las principales son¹⁸:

1) Productividad. Es un indicador poco fiable tanto de salud física como mental, particularmente cuando se aplica, como suele suceder, a los animales en conjunto y no a nivel individual. A veces puede ser útil en combinación con otros.

2) Salud. La salud física es un criterio muy valioso para determinar el bienestar, ya que las enfermedades y heridas son las principales causas de sufrimiento. Pero si bien la ausencia de enfermedad es una parte necesaria del bienestar, no es indicadora del mismo. Por otra parte, la aceptación de que los animales son capaces de experimentar estados mentales está dando lugar a un amplio campo de investigación relacionado con la salud mental. De cualquier forma hasta el momento las relaciones entre salud y bienestar siguen derivándose de parámetros clínicos indicativos de salud física.

3) Fisiología y bioquímica. Como indicaba al principio, los animales intentan mantenerse en un estado de armonía con el medio, ya que una respuesta efectiva frente a los cambios ambientales es esencial para la supervivencia. Para mantener esa homeostasis el organismo cuenta con mecanismos fisiológicos y comportamentales que se desencadenan a fin de normalizar la situación. Las medidas fisiológicas y/o bioquímicas que se utilizan para evaluar el bienestar se corresponden con los indicadores que informan de los dos tipos de estrés (el agudo y el crónico). De cualquier forma el estudio del estado fisiológico de un animal, que puede ser un buen indicador de su bienestar, tiene una serie de problemas. El primero es que la obtención de las muestras implica interferencia con el animal, lo que en sí misma puede provocarle estrés, por lo que las medidas tendrían un valor relativo. El segundo es establecer qué evaluar, es decir, qué variables dan las mejores indicaciones de ausencia de bienestar. El tercero es decidir cuánto de un cambio fisiológico puede tolerar un animal antes de que podamos decir que está sufriendo.

4) Analogía con nosotros. Si bien la aplicación del principio de analogía en el estudio del dolor y sufrimiento animal tuvo un papel importante, su uso para valorar el bienestar tiene riesgos. El principal problema estriba en eliminar la subjetividad que implica el análisis o establecimiento de las semejanzas, ya que debemos ser conscientes de que las experiencias subjetivas de otros animales pueden no ser ni remotamente similares a las nuestras. Por ello, el principio de analogía prácticamente no se utiliza para la evaluación del bienestar animal.

5) Comportamiento. El comportamiento nos informa sobre lo que los animales hacen para cambiar y controlar su medio, por lo que nos proporciona muy buena información sobre sus preferencias, necesidades y estado interno. Si a esto unimos las dificultades y limitaciones asociadas a otros indicadores, actualmente hay gran interés en el uso del Bienestar Animal 7 comportamiento como un índice del bienestar. Existen además ventajas como son: la técnica no es invasiva, se puede realizar en campo sin equipo complicado, puede dar una indicación instantánea del bienestar y los cambios comportamentales pueden preceder a algunos de los otros indicadores de un bajo bienestar. Los principales métodos, que sirven para detectar comportamientos que denotan ausencia de bienestar, son los siguientes: *Comparar el comportamiento con el de animales silvestres.* Puede ser útil, sobre todo como un sistema de aviso, siempre que tengamos en cuenta una serie de cuestiones. Las posibles diferencias entre las formas silvestres y cautivas; la falta de evidencia sobre los efectos de no poder realizar ciertos comportamientos y la posibilidad del carácter no placentero de la vida en estado silvestre.

Estudiar el comportamiento en situaciones de “estrés fisiológico”. Se observa a los animales que muestran evidencia de los síntomas fisiológicos conocidos como “Síndrome General de Adaptación” (GAS) a fin de detectar la realización de comportamientos asociados a ese estado interno alterado, los cuales se utilizan como indicadores de bajo bienestar.

Estudiar el comportamiento en situaciones de estrés agudo. Las respuestas comportamentales, en estos casos, se pueden asociar a tres tipos de situaciones. Aquellas en que el animal está experimentando, de forma más o menos prolongada, frustración, miedo o dolor. Otras en que al animal se le impide consumir una acción para la que está fuertemente motivado y aparecen las “actividades en vacío”. Por último los casos en que dos tendencias de comportamiento incompatibles se activan simultáneamente y con aproximadamente la misma intensidad, desencadenando “situaciones de conflicto”.

Estudiar el comportamiento en situaciones de estrés crónico. Ante una reducción real de la eficacia biológica del animal las evidencias indican que los comportamientos conflictivos originales se transformarán en “comportamientos anormales”, siendo los más estudiados los estereotipos y los comportamientos deletéreos.

Preguntar a los animales. Cuando intentamos determinar el bienestar, lo que estamos interesados, en último extremo, es en lo que los animales subjetivamente “sienten” en relación con lo que les hacemos. Si bien los sentimientos subjetivos no son directamente accesibles a la investigación científica, puede haber formas en las que podemos “preguntar” a los animales indirectamente lo que piensan sobre el ambiente que les hemos proporcionado y los procedimientos a los que los tenemos sujetos, en cuyo caso empleamos “tests de preferencia”.

6) Eficacia biológica. Es cada vez más obvio que el bienestar depende casi por completo de las necesidades cognitivas de los animales, por lo que si un animal “se siente bien” su bienestar puede ser alto. Por ello cada vez más científicos consideran que las medidas de bienestar deben complementarse con indicadores de la eficacia biológica. El bienestar es un estado que puede variar en un continuo desde muy malo hasta muy bueno y fluctuará durante la vida del animal. Pero el concepto de bienestar animal se encuentra en la intersección entre ciencia y ética. La forma y la extensión en la que explotamos a los animales son decisiones éticas que deben tomarse por la sociedad en general. Los científicos, por su parte, pueden ayudar a la sociedad a tomar estas decisiones proporcionando evidencias científica¹⁸.

Los movimientos en las etapas previas a la faena, exponen a los animales a variadas situaciones de estrés, lo que redundará en pérdida de peso y baja calidad de la carcasa. Los productores son los directamente perjudicados, ya que en la industria se paga luego de la limpieza de la canal. Por lo tanto, el manejo de los animales en las etapas previas a la faena reviste una fundamental importancia en todo el mundo, ya que prácticas inadecuadas en el manejo de los animales, pueden provocar una pérdida económica importante. Según Grandin⁸, el estado de alerta máxima del animal, toma en cuenta el estrés psicológico y el físico. El primero, incluye el encierro, el manejo, ambientes desconocidos para el animal, sensaciones auditivas muy estridentes, etc. El estrés físico, incluye hambre, sed, fatiga, injurias o lesiones traumáticas, temperaturas extremas. Como respuesta a todos estos estímulos aparece el “Miedo” y la magnitud de la respuesta será diferente según cada

animal. Esta varía según la experiencia previa (memoria a situaciones hostiles) y factores genéticos, dependiendo fundamentalmente de la raza (cebuínas más exaltados).

En todos los momentos en que se maneja ganado, se encuentra el componente humano, las instalaciones y el carácter del animal con el que se está trabajando, y la existencia de una fuerte interacción entre los tres elementos (Warris, 1990). Los inconvenientes que se plantean en relación a estos elementos son:

1- **Humano:** falta de experiencia en el trato de los animales, rudeza, falta de información, negligencia, uso de picanas eléctricas, palos y/o perros.

2. **Instalaciones:** cuando las instalaciones no son adecuadas, promueven que los animales salten, se golpeen contra los límites o contengan elementos prominentes que puedan lastimarlos o no estén diseñadas de forma tal que promuevan el tránsito fluido de los animales.

3- **Carácter de los animales:** es sabido que las cruces con razas cebuínas poseen un temperamento mucho más exaltado que las británicas y continentales. Asimismo, cuando hay animales astados y nerviosos, se promueven las lesiones traumáticas. Las consecuencias de un mal manejo de las reses antes de la faena conllevan a pérdidas por machucones, que es necesario retirarlos de la canal, color oscuro de los cortes lo que provoca rechazo por parte de los consumidores y las carnes de pH elevado que son rechazadas por los mercados compradores. Las lesiones traumáticas (machucones) son el resultado de un traumatismo en los tejidos del cuerpo con la consiguiente ruptura de vasos sanguíneos y la liberación de sangre en los tejidos circundantes. La severidad de los mismos está dada por el número y el tamaño de los vasos rotos. El tejido dañado puede ser un medio para la proliferación de microorganismos y no es aceptado para el consumo humano por lo que se considera “material decomisado”. Algunos vacunos llegan a faena con diferente grado de lesiones motivando decomisos totales o parciales de la res, cuando estas lesiones se ubican en las zonas de alto valor comercial, revisten particular importancia económica. En cuanto a la coloración oscura, los consumidores prefieren el color rojo brillante de la misma, las carcasas con color oscuro son generalmente rechazadas, lo que ocasiona importantes pérdidas económicas. Algunas razas parecen ser más susceptibles que otras para los cortes oscuros, también influye el sexo, la edad y las condiciones climáticas¹².

Con respecto a la textura de la carne con coloración oscura, generalmente se presenta con pH de 5.8 a 6.2, con alta retención de agua, reducción de su vida útil (ya que es propensa a contaminación bacteriana), apariencia de menos cocida, y en ocasiones menor ternura. El descenso del pH muscular de 7.1 luego de la faena, se debe a las reservas de glucógeno que tiene el animal. El pH final por encima de 5.7-5.8 es rechazado por muchos mercados, y es consecuencia directa del mal manejo de los animales en los días previos a la faena. El pH normal de la carne debe ser de 5.4 a 5.7. En términos simples, el glucógeno es como un “tanque de reserva de energía” que tiene el animal y éste es usado durante el ejercicio físico en exceso, situaciones estresantes, o luego de la muerte, donde se usan las reservas de glucógeno como primer fuente de energía, produciendo ácido láctico, lo que baja el pH del músculo. Por lo tanto, midiendo este pH se puede estimar la potencial calidad de la carne. El glucógeno en el animal vivo, puede restablecerse mediante una nutrición de buena calidad, pero rápidamente disminuye por factores como estrés y actividad física en exceso¹². Las prácticas de carga y descarga de los animales son muy importantes para determinar el estado de los animales al llegar a la faena (Knowles, 1999). Malos tratos y transportes por más de 10 horas provocan un aumento en la respuesta del animal al estrés.

La mortalidad. La muerte de los animales durante el transporte o en los corrales de espera es un claro indicador de falta de bienestar animal durante el período ante mortem. Además de representar una pérdida económica muy importante, supone una contaminación inútil por los residuos originados en la ganadería intensiva, especialmente en las regiones de alta densidad. La tasa de mortalidad se ve afectada por la interacción de una serie de factores ambientales relacionados con el manejo de los animales antes del sacrificio, y en el caso del porcino por la presencia una mutación de un gen mayor, conocido como el gen del halotano. En países como Bélgica y Alemania con sacrificio de poblaciones de porcinas altamente sensibles al estrés las tasas de mortalidad pueden llegar al 0,5%, en cambio en países con poblaciones porcinas más resistentes al estrés genéticamente las tasas de mortalidad son muy inferiores al 1% ^{2,15,16}. Existen numerosos factores ambientales y de manejo que están relacionados con la mortalidad. El ayuno antes de la carga, la mezcla de

grupos sociales en cualquier etapa, las condiciones del transporte, la descarga y los movimientos durante la espera, sin olvidar el manejo de los encargados de estas faenas. Evidentemente, los factores antes mencionados afectan también el proceso de transformación que sufre el músculo para convertirse en carne, deteriorando gravemente su calidad⁵.

Defectos en la calidad de la carne. El estrés antes del sacrificio puede tener diferentes consecuencias sobre la calidad de la carne, dependiendo de su intensidad y duración. Un período de estrés corto y agudo produce un aumento de la concentración plasmática de catecolaminas y excesivo gasto energético, que estimulan la glicólisis anaeróbica y la formación de ácido láctico antes del desangrado, lo que a su vez causa una disminución del pH muscular por debajo de 6 durante la primera hora *postmortem*. Esta rápida acidificación provoca una disminución de la repulsión electrostática entre los miofilamentos cuando la temperatura de la canal es todavía muy elevada (>38°C). Todo esto conduce a una intensa desnaturalización de las proteínas musculares, lo que a su vez reduce la capacidad de retención del agua y aumenta la palidez de la carne. En el ganado porcino el resultado es la aparición de carnes pálidas, blandas y exudativas denominadas PSE (pale, soft and exudative), frecuente en músculos compuestos por fibras glicolíticas mayoritariamente. Cuando el estrés se prolonga por muchas horas, haciéndose crónico y con una intensidad sostenida, la cantidad de glicógeno a momento del sacrificio es tan baja que no se produce la bajada en las 24 horas después del sacrificio. En este caso la carne presenta un aspecto oscuro, seco y firme, afectando negativamente la apariencia. En estas condiciones el crecimiento bacteriano es favorecido, especialmente si las condiciones de conservación no son las adecuadas. Este defecto se conoce como carne DFD (dry, firm and dark), siendo más frecuente en músculos oxidativos⁵.

Las condiciones del transporte y la espera. Los sistemas de transporte de animales deben ser diseñados y utilizados para garantizar que estos no sufran molestias ni estrés innecesariamente. Como en las etapas anteriores es necesario no mezclar animales de diferentes corrales de engorde en los camiones. Antes de cualquier manipulación se deben

mantener unos períodos de ayuno de 12 a 14 horas especialmente en la especie porcina, ya que tiene tendencia a marearse, vomitar, y consecuentemente se produce un aumento de la mortalidad. Es aconsejable el uso de corrales de recogida con ducha y agua de bebida, teniendo una distribución que sea similar a la de los camiones y la de los corrales de espera en los mataderos. Al igual que en granja y en la espera, las divisiones deben ser de concreto para evitar peleas con los cerdos de corrales vecinos, las rampas no deben pasar los 15° de pendiente, el movimiento debe ir de lugares más oscuros a más claros, y los animales deben poder desplazarse sin encontrar obstáculos empujados con paneles evitando el uso de picas eléctricas. El suelo de los camiones debe ser antideslizante. El techo y las paredes deben asegurar una protección eficaz contra la intemperie y grandes variaciones climáticas. Los camiones deben estar provistos de montacargas y tener un sistema de ventilación, ya sea manual o automático que permita la renovación del aire en todos los compartimentos. Es importante que el diseño permita una buena limpieza. La densidad de carga durante el transporte debe permitir a los cerdos tener espacio suficiente para permanecer de pie en posición natural y para tumbarse simultáneamente. Según la legislación la densidad de carga de los cerdos de 100 kg de peso no deberá superar los 235 kg/m², es decir, aproximadamente 0.42 m² por cerdo. Los animales deben ser descargados inmediatamente después de la llegada al matadero.

Al igual que en los corrales de recogida, el diseño debe permitir el flujo de animales desde los muelles de descarga hasta los corrales de espera, y hasta el punto de aturdimiento sin tener que utilizar picas eléctricas. Los grupos sociales se deben mantener y la densidad debe ser de 0.6 m² por cerdo de aproximadamente 100 kg. Los corrales deben tener duchas y agua de bebida. La calidad de ésta debe estar controlada. Teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de manejo antes descritas, es importante también no olvidar el efecto negativo que tiene el gen del halotano sobre el estrés y la calidad de la carne. En un estudio reciente, se sometieron a dos tratamientos antes del sacrificio a cerdos libres y heterocigotos, procedentes de dos líneas de machos, una Pietrain y otra Large White ambas heterocigotas⁴. El nivel de estrés fue mayor en los animales portadores del gen por su elevado incremento cortisol durante ambos tratamientos antes del sacrificio. También, estos animales presentaron peor calidad de la carne (más PSE). A medida que

aumenta la frecuencia del gen halotano aumenta la incidencia de carnes PSE en 5 mataderos comerciales⁷.

Reposo y método de aturdimiento

La energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno de sus músculos es alto. Una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y el músculo y la canal se vuelven rígidos (rigor mortis). Este ácido láctico es necesario para producir carne tierna, de buen sabor, calidad y color. Pero si el animal está estresado antes y durante el sacrificio, se consume todo el glucógeno y se reduce el nivel de ácido láctico que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio. Esto puede tener efectos adversos muy graves en la calidad de la carne, por lo que se requiere en el sacrificio que el animal se encuentre en reposo.

El transporte y la espera en corrales de una planta faenadora, además de influir sobre el bienestar y comportamiento de los animales, pueden causar disminución de peso (menor calidad de kg producidos). El reposo antes del sacrificio permite una recuperación del transporte, normalización de las condiciones metabólicas y desde el punto de vista del bienestar animal y calidad de la carne, parece ser el factor que más afecta. Existen dos razones principales por las que los animales deben tener un reposo antes del sacrificio, primero por que proporciona una depósito de los animales para que la línea de sacrificio adecue variaciones en el horario de entrega a la planta; en segundo lugar, permite que los animales descansen y se recuperen del estrés sufrido durante el transporte. Aunque la respuesta al estrés es muy variable y dependiente de la capacidad de cada animal para responder, resulta evidente que si el agente estresante actúa por largo tiempo (transporte y ayuno prolongados) el efecto encontrado será mayor, independientemente de cada animal. Por ello mientras más largos son los tiempos de transporte y ayuno, mayores probabilidades existen de presentar estrés, afectar negativamente el bienestar de los animales.

Se han realizado numerosos estudios para determinar el período de descanso idóneo para la recuperación del cerdo. Algunos autores mencionan que el tiempo de descanso ideal

es de 2 a 4 horas, ya que los cerdos sacrificados durante las dos horas iniciales de reposo presentan conducta agresiva, agotamiento físico y tensión fisiológica que producen un aumento en la actividad metabólica y reduce el pH intramuscular, elevando la temperatura del cuerpo. Varios estudios han señalado que la suplementación de triptófano es efectiva para disminuir el estrés pre-sacrificio. La administración de triptófano (5g/kg de dieta) durante los 5 días previos al sacrificio aumento la serotonina en el hipotálamo y disminuyó la incidencia de comportamiento agresivo durante la espera pre sacrificio resultando en una menor incidencia de hematomas.

Las consecuencias que se presentan sobre el canal por el no reposo, son las siguientes:

- Mala sangría del animal. Al existir alto ejercicio, se da una máxima actividad periférica y por ende una alta irrigación en los músculos, lo cual conduce a una mala sangría, lo que ocasiona: inadecuada apariencia en la carne: por alta cantidad de sangre.
- Disminución en el tiempo de vida útil, debido a que la sangre es un caldo de cultivo para los microorganismos
- Canales hemorrágicas en animales golpeados. Estas zonas hemorrágicas son extraídas y se encuentran en regiones importantes de la canal, como los lomos y el tren posterior.
- Presencias de carnes ácidas por alto estrés al sacrificio. El metabolismo anaeróbico se presenta aún con el animal vivo, disminuyendo rápidamente el pH a temperaturas muy altas (32-34°C), como consecuencia aparece una desnaturalización de proteínas que afecta las características de la carne.

Las directrices para el bienestar animal de la Organización Mundial de Sanidad Animal, indican que los operarios encargados de manejar los animales deberán tener experiencia y ser competentes en la manipulación y desplazamiento del animal, entender la pauta de comportamiento de los animales y los principios básicos.

Los animales deben ser aturdidos antes del sacrificio por el método apropiado y reconocido que debe producir perdidas inmediatas del conocimiento y que dure hasta la muerte. A los animales se les debería inmovilizar antes del aturdimiento ya que mejora la

efectividad de este, pero no deben ser sujetados a menos que vayan a ser aturdidos y sacrificados sin demora.

Los equipos de aturdimiento o sacrificio adicionales deben estar disponibles para uso inmediato:

Aturdimiento eléctrico

El equipo debe ser capaz de producir un aturdimiento efectivo para la especie y tamaño del animal. Los electrodos deben colocarse para que se abarquen el cerebro y con suficiente voltaje (mayor a 200 voltios) aplicado por 3 segundos para causar la pérdida de conocimiento inmediata. Cuando se aplica suficiente corriente al cerebro, se produce un ataque epiléptico, durante el cual el animal está inconsciente. Las pinzas de aturdimiento solo en la cabeza (cerdos, ovinos, caprinos y terneros) deben tener electrodos que contengan dos filas paralelas suficientemente afiladas para penetrar las capas exteriores de la piel y asegurar que los electrodos no resbalen después del contacto inicial.

Las siguientes son indicaciones de un aturdimiento eléctrico efectivo:

- Fase tónica (duración 10-12 segundos):
 - el animal se colapsa y se vuelve rígido;
 - respiración arrítmica;
 - patas anteriores extendidas y posteriores flexionadas hacia el cuerpo.
- Fase clónica (duración 20-35 segundos):
 - pataleo incontrolado;
 - girado del ojo, parpadeo y salivación.

Aturdimiento mecánico

El objetivo de los métodos mecánicos es inducir la inmediata pérdida de conocimiento administrando un severo golpe en la cabeza del animal. La pérdida de conocimiento producida debe durar hasta la muerte. Los dispositivos de aturdimiento

mecánico (ahora, las casi universales pistolas de émbolo oculto [CBGs]) pueden dividirse en dos amplias categorías:

- Penetrantes;
- No-penetrantes.

Las CBGs penetrantes se usan principalmente para aturdir bovinos; sin embargo, pueden usarse en ovinos, caprinos, cerdos, venados, caballos y conejos.

Efectos físicos y fisiológicos del aturdimiento mecánico

Cuando se usa un dispositivo penetrante hay dos tipos de efectos. Hay efectos generales de la conmoción producida cuando émbolo impacta el cráneo y el daño físico producido cuando el émbolo entra a la posición óptima para aturdimiento eléctrico con pinzas sólo en la cabeza.

El impacto del émbolo en el cráneo causa interrupción de la actividad cerebral resultando en pérdida de conocimiento. Un malentendido común es, que el émbolo debe penetrar al cerebro para causar pérdida de conocimiento. Esto no es verdad, y hay dispositivos disponibles diseñados para aplicar un golpe en la cabeza del animal, induciendo conmoción se ha definido normalmente como la pérdida reversible de la conciencia, por lo que el aturdimiento mecánico debería ser siempre seguido de un método de matanza; por ejemplo, desangrado. Sin embargo, se debe enfatizar que la conmoción no es siempre una condición reversible y que la inconciencia puede ser duradera o incluso permanente.

Posiciones de disparo

Un factor crítico para un aturdimiento mecánico exitoso es la aplicación del golpe en un área de la cabeza donde tenga el máximo efecto en causar disfunción cerebral. En la mayoría de los animales esta es el área frontal de la cabeza; sin embargo, la posición ideal varía con la especie, la edad del animal y el tipo de dispositivo usado (penetrante o no penetrante).

- Bovinos: Para dispositivos penetrantes, la posición ideal de disparo es la intersección de dos líneas imaginarias trazadas entre los ojos y el centro de la base del brote del cuerno

opuesto. Un dispositivo no penetrante debería posicionarse 20 mm arriba de la posición usada para el instrumento penetrante.

- Ovinos: Para animales con cuernos, el émbolo debería posicionarse en la línea media, detrás de la cresta entre los cuernos, y dirigirse hacia la base de la lengua. Cuando a los animales se les dispara en esta posición deben ser desangrados dentro de 15 segundos. Para ovinos sin cuernos, el dispositivo debería colocarse en el punto más alto de la cabeza y dirigirse verticalmente
- Cabras: La posición correcta para aturdir cabras (con o sin cuernos) es la misma que para ovinos con cuernos. El émbolo debería colocarse en la línea media, detrás de la cresta entre los cuernos y dirigirse hacia la base de la lengua.
- Cerdos: El dispositivo debería colocarse en la línea media, 20 mm arriba del nivel del ojo y dirigirse hacia la cola del animal. La posición debería ser 50 mm arriba del nivel del ojo para cerdas y verracos viejos, ajustada levemente.

Métodos de matanza después del aturdimiento con émbolo oculto

El sangrado vía degüello o acuchillado torácico deben realizarse tan pronto como sea posible para evitar el riesgo de recuperación. Después del uso del dispositivo de émbolo oculto, el animal debería ser acuchillado tan pronto como sea posible (idealmente dentro de 60 segundos). Si se usa un dispositivo no penetrante, es aún más crítico el asegurar que el acuchillado se realice tan pronto como sea posible

Aturdimiento/matanza con atmósfera modificada

El gas o las mezclas de gases usados para inducir pérdida de conocimiento no deben causar aversión, y la duración de la exposición debe ser suficiente para causar la muerte del animal. Esto debe verificarse antes de proseguir. La concentración del gas o de las mezclas debe ser continuamente monitoreada y debería haber advertencias audibles o visuales si el gas baja de la concentración correcta. El equipo usado debe construirse para evitar lesiones a los animales.

Como reconocer un aturdimiento efectivo por gas:

- Cuando el animal sale de la cámara de gases no debería estar sobre sus pies, generalmente relajado y no debe mostrar respiración rítmica.
- El animal no debe responder a estímulos dolorosos, por ejemplo, un pinchazo en la nariz.

Sacrificio o matanza

El acuchillado sólo debe hacerse en animales aturdidos. El cuchillo debe estar limpio y afilado y suficientemente largo para la especie y el tamaño del animal. Ambas arterias carótidas, o los vasos de las que se derivan (cerca al corazón), deberían ser cortadas. Después del acuchillado, se debe dejar que el animal se desangre hasta la muerte antes que se faene o se estimule eléctricamente. Los tiempos mínimos son 25 segundos después del acuchillado de cerdos, ovinos y cabras; y 60 segundos para bovinos y venados.

Acuchillado torácico:

- (a) Hacer el corte en el pliegue yugular en la base del cuello del animal.
- (b) Con la punta del cuchillo en la base del esternón y apuntando hacia el pecho, introducir el cuchillo para cortar los vasos grandes que salen del corazón

• Degüello:

- (c) Insertar el cuchillo, cerca de la cabeza, cortar a través del cuello (con el dorso del cuchillo contra la espina dorsal), cortar hacia adelante todos los tejidos blandos entre la espina dorsal y el frente del cuello. Voltar la hoja y cortar hacia atrás contra la espina dorsal. Esta acción corta ambas arterias carótidas y ambas venas yugulares.

Otros sistemas de aturdimiento

Un buen sistema de aturdimiento debe cumplir varios requisitos. En primer lugar, debe garantizar una inducción rápida de la inconsciencia sin causar dolor; y esta debe prolongarse hasta la muerte del animal. En segundo lugar, debe minimizar los problemas de calidad del producto final. En tercer lugar, debe garantizar la seguridad del operador. Los métodos de aturdimiento más utilizados en el ganado porcino son la electronarcosis y la exposición al dióxido de carbono. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos en estudios realizados en mataderos comerciales indican que estos sistemas de

aturdimiento no garantizan el 100% de efectividad, probablemente como consecuencia de errores en la aplicación de los mismos²¹. El aturdimiento eléctrico o electronarcosis consiste en el paso a través del cerebro de una corriente eléctrica de una intensidad lo suficientemente alta como para provocar un ataque epiléptico y consecuentemente la pérdida de conciencia.

Tras la estimulación eléctrica del cerebro, el animal entra en un estado de contracción muscular tónica, desapareciendo la ritmicidad respiratoria, el reflejo corneal y la sensibilidad al dolor. Seguidamente, el animal entra en la denominada fase clónica y comienza a efectuar movimientos bruscos e involuntarios con sus extremidades. La recuperación de la ritmicidad respiratoria y el reflejo corneal nos indicaría que el animal se está recuperando de la anestesia¹. Al ser un sistema de aturdimiento reversible, el tiempo transcurrido entre el aturdimiento y el degollado es un factor determinante para garantizar la muerte del animal antes de la recuperación de la conciencia. Para ello, es importante conocer la duración de la inconsciencia y así evitar la recuperación de los animales antes de la muerte cerebral. La duración de la inconsciencia es independiente del voltaje o de la intensidad aplicada, pero aumenta si la posición de los electrodos es la correcta. En porcino si el tiempo entre el aturdimiento y el degollado es superior a 15 seg, la posibilidad que el animal recupere la conciencia aumenta.

Actualmente, en la mayoría de mataderos de porcino se utiliza el sistema de aturdimiento cabeza-cuerpo, que consiste en la aplicación de un tercer electrodo en la zona de proyección del corazón. La corriente pasa de los electrodos de la cabeza al tercer electrodo, llegando así al corazón y a la médula espinal. La estimulación cardiaca provoca paro cardiaco y muerte del animal. En este caso, el sacrificio tiene tan sólo la finalidad de evacuar la sangre de la canal, por lo que su retraso no será crítico desde un punto de vista de bienestar animal. La estimulación de la médula espinal disminuye la intensidad de los movimientos musculares involuntarios durante la fase clónica, mejorando así la calidad de la carne. Desde el punto de vista de bienestar animal es imprescindible conocer los posibles factores que pueden afectar tanto la inducción de la inconsciencia como a su duración. La intensidad de la corriente que pasa por el cerebro es el factor que determina la pérdida inmediata de la conciencia³.

La intensidad de la corriente es inversamente proporcional a la resistencia y ésta a su vez depende de los diferentes tejidos situados entre los dos electrodos que se aplican en la cabeza. La resistencia media del porcino es de 100 a 200 Ω , aunque existe una gran variabilidad dependiendo del grosor de la piel, del grado de humedad y de la limpieza de las pinzas. La intensidad mínima recomendada es de 1,3 A¹¹. En condiciones comerciales, el tiempo de aplicación de la corriente eléctrica oscila entre 3 y 7 seg, factor que no modifica la duración de la inconsciencia. Un tiempo de aplicación inferior a 2 seg no asegura un buen aturdimiento. En los mataderos con sistema de aturdimiento eléctrico, la principal causa de aturdimientos incorrectos es la aplicación errónea de los electrodos²¹, no pasando la suficiente corriente tanto a través del cerebro (no aturdiéndose los animales), como por el corazón (recuperándose los animales de la inconsciencia). Las principales causas de error en el emplazamiento de los electrodos son la velocidad de la línea de desangrado y las variaciones en el tamaño y peso del animal. El sistema de aturdimiento automático eléctrico cabeza-corazón está diseñado para unos animales de un determinado tamaño y peso. Animales de diferente tamaño son más susceptibles a una aplicación incorrecta de los electrodos y consecuentemente a un incorrecto aturdimiento. Por este motivo, se aconseja que los lotes sean lo más homogéneos posibles.

Por otra parte, la sujeción de los animales para la aplicación correcta de los electrodos conlleva un alto nivel de estrés previo al sacrificio. En algunas ocasiones, el error en el emplazamiento de los electrodos puede ser rectificado incrementando la intensidad de corriente, lo que sería por lo tanto más aconsejable desde el punto de vista de bienestar animal. No obstante un aumento de la intensidad de corriente provoca una mayor intensidad de la fase tónica y un aumento de la presión sanguínea, favoreciendo así la presencia de manchas de sangre en la musculatura²². Así pues, el control de la intensidad de la corriente es imprescindible para la optimización de la calidad del aturdimiento eléctrico. Si bien una intensidad de corriente alta garantiza el correcto aturdimiento de los animales pese a posibles errores en los emplazamientos de los electrodos, puede tener efectos negativos sobre la calidad de la canal.

Por otra parte, se ha descrito que la utilización del aturdimiento eléctrico a altas frecuencias (superiores a 800 Hz) con el fin de reducir la intensidad de las convulsiones y

mejorar la calidad de la carne disminuye la efectividad y duración de la inconsciencia¹. Actualmente, los desarrollos tecnológicos han logrado que el voltaje se ajuste automáticamente según la resistencia, manteniendo una intensidad de corriente constante en todos los animales. El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que al ser inhalado produce insensibilidad sin dejar residuos químicos inaceptables en la canal. Actualmente tan sólo se utiliza para el ganado porcino, donde ha experimentado un fuerte crecimiento, existiendo ya unos 35 mataderos en España con este sistema. Los cerdos son introducidos en jaulas con capacidad desde 2 hasta 5 cerdos y bajados a un pozo con una concentración superior al 80% de CO₂, durante el tiempo suficiente para mantenerlos inconscientes hasta la muerte cerebral. El CO₂ es más pesado que el aire y puede ser almacenado a altas concentraciones en una fosa por debajo del nivel del suelo. El aturdimiento se produce por una depresión de la función neuronal¹⁹.

La inducción de la anestesia en una atmósfera del 80% de CO₂ incluye tres etapas. La primera etapa tiene una duración aproximada de 20 seg y se denomina etapa de analgesia. Durante este período la respuesta del animal al dolor y al estrés se reduce gradualmente y la respiración se vuelve más rápida y profunda. Inmediatamente después de la pérdida de consciencia viene la etapa de excitación, que tiene una duración aproximada de 7 seg, y en la que se observan en algunos animales movimientos incoordinados y vocalización. Por último, aparece la etapa de anestesia en el que se produce relajación de los músculos esqueléticos y respiratorios. El sistema de aturdimiento con CO₂ tiene la ventaja de que no requiere la sujeción de los animales y de permitir el aturdimiento en grupos, reduciendo así el nivel de estrés. No obstante, este sistema ha sido muy criticado desde el punto de vista del bienestar animal. Estas críticas están basadas en que el dióxido de carbono es un gas ácido y por lo tanto su inhalación es irritante. Además, al ser un potente estimulador respiratorio puede causar sensación de asfixia antes de la pérdida de la sensibilidad⁹. Se ha señalado también que durante el período de inducción, la violenta excitación que muestran los animales es en realidad un intento consciente de huida. Por el contrario, otros autores que han realizado evaluaciones conductuales en animales expuestos a atmósferas del 80% de CO₂, señalan que durante la fase de inducción los animales no reaccionan de manera exagerada a la exposición al gas. Estas investigaciones indican que el período de excitación

está precedido por un patrón electroencefalográfico de alta amplitud y baja frecuencia. Este patrón indicaría que el animal está inconsciente durante esta fase de actividad motora violenta⁶. La rapidez con que los animales alcanzan el estado de inconsciencia depende tanto de la concentración atmosférica inicial de CO₂ como del gradiente de concentración del sistema¹³.

Los sistemas de aturdimientos óptimos requieren inmersiones rápidas del animal a altas concentraciones de CO₂ atmosféricos, es decir al 90%. Estas inmersiones rápidas reducen la excitabilidad del animal, reduciéndose el tiempo de inducción de la inconsciencia. Por otra parte, durante la exposición al dióxido de carbono los animales genéticamente sensibles al estrés manifiestan una fase excitatoria más violenta que los resistentes, pudiendo permanecer conscientes durante el inicio de esta fase. En condiciones comerciales, la anestesia por exposición al CO₂ siempre es reversible, y por lo tanto existen una serie de factores críticos en el manejo del sistema²¹. Dichos factores son por una parte la concentración de dióxido de carbono y la duración del ciclo de exposición de los animales al gas, y por otra parte el tiempo que transcurre desde que el animal sale de la atmósfera de CO₂ hasta que es degollado. Recientemente, en un estudio realizado en mataderos españoles hemos observado que mientras que el 99% de los animales aturdidos eléctricamente permanecen inconscientes hasta el momento de la muerte, este porcentaje es tan solo del 30% en los animales aturdidos por CO₂²¹. Este porcentaje sería indicativo de un grave problema de bienestar con el uso de este último sistema. La causa principal causa no es el sistema en sí, sino el manejo erróneo por parte de los operarios. En efecto, el sistema es de control manual, de manera que los cerdos entran en las jaulas cuando un operador abre la puerta, y van descendiendo al interior del pozo con paradas intermitentes de tiempo variable. El tiempo de permanencia de los animales en la atmósfera de CO₂ depende tanto del flujo de animales en el doble corredor de aproximación como de la velocidad en la línea de desangrado. La anestesia tiene que garantizar la inconsciencia del animal como mínimo 30 seg tras el degollado. A partir de los resultados obtenidos en los mataderos se recomienda que los animales estén como mínimo un tiempo de 130 seg en la noria y que el tiempo desde el aturdimiento al degollado no sea superior a 30 seg. Por otra

parte, el contacto del animal con la máxima concentración de CO₂ se debe realizar lo más rápido posible y este debe ser como mínimo del 80%.

Si bien el aturdimiento elimina los factores estresantes del desangrado, éste induce en el animal unos cambios fisiológicos cuyos efectos pueden repercutir negativamente en la calidad del producto final. Estos cambios son debidos principalmente al aumento de la presión sanguínea y la actividad muscular, provocando alteraciones, bien en la calidad de la canal debido a contusiones, hemorragias o fracturas, o bien en la calidad de la carne debido a una modificación del proceso bioquímico normal responsable de la transformación del músculo en carne. No obstante, el aturdimiento eléctrico provoca una mayor incidencia de carnes PSE comparado con el sistema de aturdimiento por CO₂^{22,23}, debido la estimulación del sistema nervioso, acelerando así el *rigor mortis* y la caída del pH muscular cuando la musculatura está aún caliente. Las principales causas de esta estimulación nerviosa son el paso de la corriente eléctrica por el animal y la actividad muscular intensa durante la fase clónica. Otro factor importante en la incidencia de carnes PSE, es la susceptibilidad genética de los diferentes animales al estrés⁸. En un estudio realizado con cerdos de genotipo conocido²³, se observó que en los cerdos aturdidos con CO₂, la incidencia de carnes potencialmente PSE fue significativamente superior en las canales de los animales portadores del gen que en aquellos libres. Estos resultados nos indican que los animales genéticamente susceptibles al estrés tienen una reacción más violenta a la exposición de CO₂ que cerdos libres del gen²⁰. Tanto desde un punto de vista de bienestar animal como de la calidad, si se utiliza el sistema de aturdimiento por exposición al CO₂, el gen del halotano debe ser eliminado de la población. Por otra parte, y especialmente para los animales portadores del gen del halotano, es importante que el primer contacto con el dióxido de carbono se produzca a una concentración superior al 85% para asegurarnos la ausencia de una fase excitatoria de severa intensidad. En los animales aturdidos eléctricamente, la incidencia de canales potencialmente PSE no fue significativamente ($p < 0,05$) diferente entre cerdos libres y portadores del gen del halotano (25% y 39.4%, respectivamente). Nuestros resultados revelan que en los animales aturdidos eléctricamente, el efecto del paso de la corriente en la incidencia de carnes PSE es tan

grande que enmascaró el efecto que el genotipo puede tener sobre la calidad de la carne en este caso.

RECOMENDACIONES PARA TODOS LOS ACTORES DE LA CADENA CÁRNICA

Los siguientes puntos pueden ayudar a disminuir el estrés de los animales antes de la faena¹²:

- ◆ asegúrese del buen nivel de nutrición de los animales antes de la faena, no embarque animales enfermos
- ◆ aparte, junte y embarque los animales lo más tranquilamente posible
- ◆ manipule los animales con cuidado, evite el uso de palos y picanas eléctricas, ruidos excesivos, corridas y perros mal entrenados
- ◆ evite aplicar inyectables o vacunas en la zona de la grupa, ya que el daño se registrar en los cortes de mayor valor comercial
- ◆ acostumbre a los animales al contacto con los seres humanos, júntelos a menudo y páselos por el tubo con tranquilidad
- ◆ mantenga los animales dentro de sus grupos sociales, trate de no mezclar diferentes edades, categorías y razas
- ◆ utilice compañías de transporte con experiencia, certificadas y de probada reputación
- ◆ asegúrese que los animales tengan libre acceso al agua antes de ser embarcados
- ◆ evite embarcar a las horas pico de calor, o en medio de tormentas eléctricas
- ◆ mantenga sus instalaciones en buenas condiciones, evite mangas rotas, pisos resbaladizos y rampas con mucho desnivel
- ◆ no cargue más animales de los necesarios en ningún vehículo, permita que estén holgados
- ◆ reduzca al máximo el tiempo de transporte, evite rutas en mal estado y paradas innecesarias.

Referencias:

1. Anil, M.H. (1991). Studies on the return of Physical Reflexes in Pigs following Electrical Stunning. *Meat Science*. 30: 13-21.
2. Christensen, L., Barton-Gade, P. y Blaajberg, L.O. (1994). Investigation of transport conditions in participating countries in the EC project: PL920262. 40th ICoMST, The Hague, Netherlands.
3. Croft, P.G. (1952). Problem of electrical stunning. *The Veterinary Record*. 64: 255-258.
4. Fábrega, E., Manteca X., Font J., Gispert, M., Carrión D. y Diestre A. (2001). Effects of the halothane gene and pre-slaughter treatment on carcass and meat quality, and welfare of two pig crosses. In press.
5. Fábregas, E., Velarde, A. y Diestre, A. (2003). El bienestar animal durante el transporte y sacrificio como criterio de calidad. Monografía. IRTA, Centro de Tecnología de Carne, Monells. Pp: 1-7.
6. Forslid, A. (1987). Transient neocortical, hippocampal and amygdaloid EEG silence induced by one minute inhalation of high concentration CO₂ in swine. *Acta Physiologica Scandinava* 130: 1-10.
7. Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guàrdia, M.D., Coll, C., Siggens, K., Harvey, K. y Diestre, A. (2000). A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*. 55: 97-106.
8. Grandin, T. (1994). Methods to reduce PSE and bloodsplash. Allen D. Leman Swine Conference. 21 206-209. *Veterinary Outreach Programs: University of Minnesota*.
9. Gregory, N.G., Raj, A.B.M., Audsley, A.R. y Daly C.C. (1990). Effect of CO₂ on man. *Fleischwirtschaft*. 70: 1173-1174.
10. Hewson, C. (2003). What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *Canadian Veterinary Journal*. 44(6):496-499.
11. Hoenderken, R. (1978). Electrical stunning of pigs for slaughter. Thesis, State University, Utrecht.
12. Huertas, S.M. (2004). Puntos críticos que afectan el bienestar de los animales. Recomendaciones para mejorar la calidad de la carne. Monografía. INIA, Uruguay.
13. Holst, S. (1997). Return to consciousness in slaughter pigs stunned with CO₂. *Proceedings of the 43rd International Congress of Meat Science and Technology, Auckland*. G2. Pp: 10-11.
14. Knowles. (1999). A review of post transport mortality among younger calves. *Veterinary Record*. 137: 406-407.
15. McPhee, C.P., Daniels, L.J., Kramer, H.L., Macbeth, G.M., y Noble, J.W. (1994). The effects of selection for lean growth and halothane allele on growth performance and mortality of pigs in a tropical environment. *Livestock Production Science*. 38: 117-123.
16. Murray, A.C. y Johnson, C.P. (1998). Impact of halothane gene on muscle quality and pre-slaughter deaths in Western Canadian pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 78: 543-548.
17. Ramírez Iglesia, L.N. (2009). El bienestar animal. Universidad de Los Andes-Trujillo. *Mundo Pecuario*. 5(3): 158-164,
18. Recuerda, P.; Moyano, R. y Castro, F. (2003). Bienestar Animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos. Libro de Resúmenes II. Córdoba, Argentina.
19. Roughton, F.J. (1964). *Handbook of Physiology*. 2: 767-825.
20. Troeger, K. y Woltersdorf, W. (1991). Gas anaesthesia of slaughter pigs. *Fleischwirtschaft*. 71: 1063-1068.
21. Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X. y Diestre, A. (2000a). Survey of the efficiency of stunning procedures carried out in Spanish pig abattoirs. *The Veterinary Record*. 146: 65-68.

22. Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X. y Diestre, A. (2000b). The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Science*. 55(3): 309-315.
23. Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Alonso, P., Manteca, X. y Diestre, A. (2001). Effects of the stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pigs. *Meat Science*. 58(3): 313-319.
24. Warris, P.D. (1990). The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*. 28: 171-186.

CAPÍTULO 2

IMPLICACIONES SANITARIAS DE ANTIBIÓTICOS Y OTROS FÁRMACOS EN LECHE

Luis Manuel Orozco Castellanos

Juan Ramón Zapata Morales

Ángel Josabad Alonso Castro

Héctor Gabriel Orozco Castellanos

Introducción

La leche se define como la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluido el calostro¹⁵, está compuesta por agua 87%, lactosa 4.9%, caseína 2.9%, alfa lactoalbúmina 0.5%, beta lactoalbúmina 0.2%, grasa neutra 3.7%, fosfolípidos 0.1%, ácido cítrico 0.2%⁵, debe estar libre de inhibidores bacterianos entre los cuales se incluyen los antibióticos, derivados clorados, sales cuaternarias, entre otros. La leche debe someterse a un tratamiento térmico con un tiempo y temperatura determinados que garantice su inocuidad, independientemente del uso que se le dé posteriormente¹².

La importancia alimenticia de la leche en la nutrición humana, reside básicamente en la calidad de sus proteínas, su alta digestibilidad y alto valor biológico, así como en su contenido de calcio y de vitaminas A, B₁ y B₂. Es un alimento energético y complementario para toda la familia, en particular para los niños, mujeres embarazadas y ancianos, que forma parte de la dieta de los mexicanos y es materia prima para la elaboración de numerosos productos¹⁹. Un gran número de proteínas que se encuentran en la leche, tales como las inmunoglobulinas, lactoferrina lactoperoxidasa, entre otras, presentan actividad antimicrobiana y confieren inmunidad pasiva al neonato².

El uso de antibióticos en la sociedad actual ha sido beneficioso para la humanidad ya que se han podido salvar millones de vidas. En la medicina veterinaria, los antibióticos han sido también de gran ayuda para evitar la propagación de muchas enfermedades

infecciosas. Sin embargo, uno de los principales problemas detectados en muchos países del tercer mundo es el uso indiscriminado de fármacos en las explotaciones ganaderas lo que deriva en problemas de residuos medicamentosos en los productos y subproductos de consumo humano. En las ganaderías lecheras el uso indiscriminado de medicamentos de aplicación veterinaria hace que este sea cotidiano en muchas zonas pues hay la creencia muy difundida de que cualquier problema de orden patológico en los animales puede ser controlado con el uso empírico de productos farmacéuticos, los antibióticos, especialmente, se usan sin tomar consideración en su farmacocinética y farmacodinamia, lo que en muchos casos deriva en problemas de residualidad en leche y sus derivados, afectando directamente a la calidad del producto y al consumidor⁵. Por ejemplo, el uso de fluoroquinolonas, tales como el ciprofloxacino, que son antibióticos de amplio espectro favorecen a que el ganado gane peso al evitar infecciones en su desarrollo.

La cuestión de residuos de medicamentos veterinarios en productos de origen animal es un tema que involucra a todos los ámbitos y niveles del mundo agropecuario. Empezando por las compañías farmacéuticas que elaboran y comercializan los medicamentos, pasando por los veterinarios que los administran y prescriben, las plantas procesadoras de alimentos, los ordeñadores que tienen el primer contacto con la leche y toman decisiones en su nivel, hasta los consumidores que tienen fe “ciega” en la inocuidad del producto y las agencias estatales encargadas de implementar programas de vigilancia que garanticen productos de calidad para el comercio interno y externo²⁵. Por otro lado, en muchos países existe el rechazo al consumo de leche debido a la presencia de antibióticos. Por lo cual, muchos consumidores han optado por la compra de leche de tipo orgánico Durante la última década se estima que el incremento del consumo de la leche de tipo orgánica se ha incrementado en un 50%⁷.

Calidad de la leche de vaca para consumo humano

En el sector lechero el tema de calidad higiénica y sanitaria de la leche es de gran relevancia tanto para el eslabón primario como para el resto de eslabones por su impacto en la industria y la salud pública. Para que un producto lácteo sea inocuo se deben emplear medidas de control de calidad antes de su elaboración, y verificar la calidad del producto

terminado. Para asegurar la inocuidad se requiere que los productores conozcan y apliquen las prácticas adecuadas de higiene para minimizar la incidencia de enfermedades que pueden ser adquiridas al consumir alimentos procesados¹².

La leche, que se comercialice para su consumo humano o que se emplee como materia prima para la elaboración de productos lácteos debe cumplir con lo siguiente:

- No presentar materias extrañas, conservadores ni sustancias neutralizantes.
- No coagular por ebullición.
- Presentar prueba de alcohol al 68% negativa (sólo para leche de bovino).
- Presentar prueba de inhibidores bacterianos, negativa; detectados por métodos fisicoquímicos y microbiológicos, de conformidad con la Tabla 1.

Tabla 1. Inhibidores bacterianos en leche¹⁵

Producto	Derivados Clorados	Sales cuaternarias de amonio	Oxidantes	Formaldehído	Antibióticos
Pasteurizados	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Ultrapasteurizados	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Esterilizados	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

En México existen tres sistemas de producción de leche: el intensivo, el familiar y el doble propósito; el familiar es el más frecuente, y aporta el 30% de la leche fresca que se consume en el país. A pesar de los altos costos de producción, este sistema ha logrado sobrevivir por la elevada utilización de mano de obra familiar; sin embargo, es importante y urgente consolidar la actividad en beneficio de los productores, de los procesadores y de los consumidores. En el sistema de lechería familiar predominan las razas de Holstein, Pardo Suizo y Criollo, y sus cruzamientos. Generalmente el ordeño se realiza en forma manual, aunque ya existe una proporción importante de ganaderos que realiza el ordeño mecánico, pero existen deficiencias de control sanitario y no se tiene acceso a capacitación.

En el ordeño manual se extrae la leche contenida en la cisterna del pezón con las manos; el ordeñador presiona el pezón, sin lesionarlo (Figura 1). Por otro lado, ordeño mecánico (Figuras 2 a 4), se realiza con una máquina ordeñadora que funciona mediante energía eléctrica o con motor de gasolina, la cual simula el amamantamiento del ternero. La máquina de ordeño también utiliza vacío para extraer la leche de la ubre. Si el vacío que se aplica al pezón es demasiado elevado y/o el tiempo es prolongado, la sangre se acumula en el tejido corporal y el resultado es la congestión del pezón al detenerse el flujo sanguíneo¹².



Figura 1. Ordeño manual en producción semi intensiva (Héctor Gabriel Orozco Castellanos; Comala, Col., 2010)



Figura 2. Ordeño mecánico con conexión directa a línea de vacío (Héctor Gabriel Orozco Castellanos; Comala, Col., 2010)



Figura 3. Máquina ordeñadora portátil con motor eléctrico (Héctor Gabriel Orozco Castellanos; Ocotlán, Jal., 2010)



Figura 4. Sala de ordeño mecánico con línea de vacío y línea de leche
(Ricardo Orozco Castellanos; El Pedregal, Mpio. de Ocotlán Jal., 2006)

Tratamiento de enfermedades infecciosas en bovinos

Entre las enfermedades que más pérdidas económicas ocasionan en la producción de leche está la mastitis, que es la inflamación e infección de la glándula mamaria. Generalmente puede ser controlada con el manejo del ordeño en parámetros ideales de incidencia y prevalencia, pero no se puede erradicar^{12,20}. Esta enfermedad ocasiona grandes pérdidas económicas a los ganaderos y es causada por bacterias de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus*.

Cuando se hace un tratamiento durante la lactación se aplica generalmente en los casos de mastitis clínica, alcanzándose una tasa de curación del 40 al 70%. Hay que considerar los tiempos de eliminación de la leche por contener residuos de antibióticos, ya que estos pueden resistir el tratamiento térmico de pasteurización o ultra pasteurización (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones de tratamiento térmico para leche¹⁵

Tratamiento	Temperatura y tiempo*
Pasteurización	Lenta 63 °C / 30 min. Rápida 72 °C / 15 seg.
Ultrapasteurización o esterilización	135 °C a 149 °C / 2 a 8 seg.

Para que un principio activo produzca sus efectos terapéuticos o tóxicos, debe alcanzar un intervalo preciso de concentraciones en la biofase, es decir, el medio en que interactúa con sus receptores. Debajo de este intervalo, no se observará ningún efecto farmacológico o éste será subterapéutico; por encima, el efecto puede ser excesivo o pueden aparecer otros efectos no deseados.

La concentración de un fármaco que se alcanza en su lugar de acción es la consecuencia de los siguientes procesos:

- a) Absorción, es decir, la entrada del fármaco en el organismo que incluye los procesos de liberación de su forma farmacéutica, disolución y absorción propiamente dicha.
- b) Distribución del fármaco para que llegue primero del lugar de absorción a la circulación sistémica y desde ella hasta los tejidos. Para que el fármaco alcance desde su lugar de absorción al lugar donde ejerce su acción, debe atravesar diversas membranas para llegar a la sangre y para pasar de ésta al líquido intersticial y, en su caso, al interior de las células e incluso, de estructuras intracelulares. El paso del fármaco de la sangre a los tejidos depende de la fijación del fármaco a las proteínas del plasma, ya que sólo el fármaco libre difunde libremente a los tejidos.
- c) Metabolismo del fármaco, lo cual implica la conversión química de los fármacos en compuestos más fáciles para eliminar del organismo (metabolitos). Las modificaciones del fármaco pueden producir metabolitos activos, metabolitos inactivos o productos metabólicos con diferente actividad farmacológica.
- d) Eliminación del fármaco, sea por metabolismo principalmente hepático o por excreción del fármaco inalterado por la orina, bilis, leche, etc. En algunos casos, este metabolismo puede producir metabolitos activos cuya presencia también deberá tenerse en cuenta³.

El uso inadecuado de antibióticos representa un riesgo para la salud y un desperdicio de recursos económicos en los servicios de salud. Además, contribuye al aumento de la resistencia bacteriana que, a su vez, incrementa los gastos y la mortalidad por enfermedades infecciosas, por lo que se le considera un grave problema de salud pública. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud ha recomendado una serie de estrategias fundadas en las políticas farmacéuticas nacionales. En México, diversos aspectos sobre el uso inapropiado de antibióticos han sido documentados. En respuesta se han desarrollado principalmente intervenciones educativas y gerenciales dirigidas a médicos en servicios públicos de salud, así como programas de vigilancia epidemiológica. La investigación y las intervenciones enfocadas en consumidores, farmacias y el sector privado son escasas. Fundamentalmente, no existe una estrategia nacional sobre antibióticos que se refleje en las políticas farmacéuticas y de salud del país⁶.

Entre los requerimientos que debe reunir un medicamento veterinario para que se autorice su uso y comercialización para animales de abasto se incluye el establecimiento de unos tiempos de espera, post administración, que permitan alcanzar concentraciones en tejidos o leche iguales o por debajo de un límite máximo de residuos (LMR) permisible legalmente.

Existen comités de expertos de la FAO/OMS encargados de determinar dichos LMR, que se publican en la base de datos del Codex Alimentarius, así como en las páginas web de las agencias americanas y europeas para medicamentos. Los tiempos de espera también llamados tiempos de retiro, se calculan a partir de estudios de farmacocinética y, según la ley, estos deben incluirse en los insertos de cualquier medicamento registrado para uso comercial en animales de abasto; en caso de que se haga un uso extraíndicado del medicamento, el veterinario deberá calcular el tiempo de retiro²⁵. En la legislación Europea (establecida por la Comunidad Económica Europea) en la reglamentación 2377/90 indica los LMR para antibióticos tipo β lactámicos (4 a 125 ng/mL) fluoroquinolonas, sulfonamidas y tetraciclinas (100 ng/mL) en leche²⁰. Estos rangos de referencia son usados ampliamente tanto en Europa como en varios países en el mundo. En algunos países de la comunidad Europea, estos tipos de programa han sido beneficiosos. Por ejemplo, durante el 2008 se estudiaron cerca de 1.5 millones de muestra de leche provenientes de diferentes ranchos

ganaderos en Bélgica. Los resultados indicaron que solo el 0.08% de las muestras contenían algún tipo de residuo de antibiótico. En la comunidad Europea, los principales antibióticos detectados en la leche se encuentran la penicilina G (74.6% de los casos), seguido de ceftiofur (11%), ampicilina con amoxicilina (6.3%) y penicilinas tipo isoxazolil (3.2%)²¹. Sin embargo, este tipo de programas deben ser implementados en todo el mundo. Para evitar la presencia de antibióticos en leche, la mastitis subclínica (diagnosticada por el grado de gelatinización que equivale a un elevado conteo celular) no suele tratarse durante la lactación, sino al inicio del período seco. En muchos casos desaparece al mejorar la higiene del ordeño, al revisar el equipo de ordeño y al cambiar las camas. En caso de que la incidencia sea muy alta (alto porcentaje de animales con un elevado número de células somáticas) es conveniente realizar un análisis microbiológico, con la finalidad de aplicar el tratamiento más específico y adecuado en el período más oportuno. La administración de antibióticos para el tratamiento de la mastitis clínica debe efectuarse con estrictas medidas de higiene (cánulas estériles, desinfección del conducto del pezón, etc).

Para realizar cualquiera de los tratamientos mencionados lo más recomendable es hacer la prueba de sensibilidad a los antibióticos (antibiograma), es útil para el tratamiento de la mastitis y debe ser valorada por un Médico Veterinario. El uso indiscriminado de antibióticos ha provocado el desarrollo de cepas de microorganismos multirresistentes. Hay que tener en cuenta que los conceptos de sensibilidad o resistencia fueron obtenidos a partir de los valores de la concentración mínima inhibitoria (CMI) en medicina humana, por lo que solo en parte son extrapolables al tratamiento de mastitis debido al ambiente que rodea a la glándula mamaria. Una cepa se considerará susceptible si el halo de inhibición de los microorganismos es mayor o igual al contenido en las tablas de referencia para cada antibiótico. La infección causada por ese microorganismo puede ser apropiadamente tratada con las dosis habituales del antibiótico estudiado.

La cepa se considerará de sensibilidad intermedia si los microorganismos son inhibidos por concentraciones del antibiótico muy cercanas a las alcanzadas en el plasma, por lo que pueden responder pobremente al tratamiento farmacológico. La cepa se considerará resistente si los microorganismos no son inhibidos por algún antibiótico en las dosis habituales, o muestran resistencia contra ese antibiótico. La eficacia *in vitro* de un

antimicrobiano se valora mediante el porcentaje de curaciones clínicas y bacteriológicas. En algunas ocasiones existe escasa correlación entre la actividad de los antibióticos *in vivo* e *in vitro*.

Los inhibidores en la leche son un indicador de la presencia de antibióticos, derivados clorados, sales cuaternarias, oxidantes, formaldehído, o del uso de concentraciones exageradas de desinfectantes y detergentes, como cloro y yodo al lavar los utensilios de la ordeña.

La presencia de antibióticos en la leche destinada a la elaboración de productos lácteos (queso, yogurt, mantequilla) repercute en el desarrollo de microorganismos que provocan la fermentación de estos productos¹¹. Por ejemplo, la acidificación se retrasa, la coagulación es deficiente o nula, la retención de agua disminuye, las características normales del producto se alteran (textura blanda, sabor amargo, consistencia arenosa en yogurt), e interferencia en la formación de aromas en mantequilla. Esta serie de repercusiones provocan pérdidas tanto de calidad como económicas. Las bacterias empleadas en la elaboración de yogurt, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, son las más sensibles a los antibióticos.

Aún persiste la creencia de que los tratamientos térmicos a que se somete la leche cruda destruyen las sustancias inhibidoras, en particular los antibióticos. Sin embargo, estudios realizados señalan que el tratamiento a 83 °C por 10 min produce una pérdida de actividad superior al 20% en cefalexina, cefuraxima y clortetraciclina. La pasteurización (60 °C por 30 min) produce una leve inactivación sobre los β -lactámicos (6-20%) y tetraciclinas (18-31%). El mayor peligro en el ser humano por la presencia de antibióticos en la leche y en los productos lácteos es que pueden provocar reacciones alérgicas, alteración de la flora intestinal, estimulación de bacterias antibiótico-resistentes, reducción de la síntesis de vitaminas¹².

Las pruebas para el monitoreo de antibióticos se clasifican en microbiológicas y pruebas rápidas. Las pruebas de inhibición microbiológicas están basadas en impedir el crecimiento microbiano y ofrecen la ventaja de detectar una amplia gama de antibióticos, además de ser económicas. Sin embargo, estas pruebas presentan el inconveniente que de largos períodos de incubación e inespecificidad para la detección de los microorganismos.

Entre las pruebas rápidas existen diferentes productos comerciales que permiten la detección exclusiva de antibióticos β -lactámicos en un tiempo de 15 min, otros detectan tetraciclinas, sulfonamidas además de los β -lactámicos y algunos productos son ensayos en donde la determinación se realiza por una reacción enzimática¹⁹. Su presentación puede ser en tubos o en placas, y el tiempo de la prueba varía de 15 a 45 min, o utilizando la Norma Mexicana¹⁵. Recientemente se han implementado, en diversos países, diversas técnicas con el uso de métodos electroquímicos y por la cromatografía líquida de alta eficacia con espectroscopia de luz ultravioleta o con el uso de un detector de masas para la detección de residuos de antibióticos y otros compuestos en leche²⁴. Sin embargo, estas técnicas a pesar de su alta eficacia presentan el inconveniente que se requiere de personal calificado para el uso de estos equipos. Por lo cual, el desarrollo de pruebas sensibles, eficaces, rápidas y económicas para la detección de antibióticos y otros compuestos en leche es un campo de mucha investigación tecnológica.

La calidad de un producto, cualquiera que sea su naturaleza, está dada por disposiciones legales en sanidad y composición y la aceptación del consumidor. Para el caso de la leche, la Normatividad Mexicana vigente referida a leche de vaca, ya sea cruda o pasteurizada establece que la misma debe ser negativa a la presencia de inhibidores microbianos, sin embargo, estudios realizados en el año 2009, en el estado de Jalisco, el mayor productor de leche a nivel nacional en México, demostraron la presencia de antimicrobianos en leche cruda destinada a la industria procesadora en 26 muestras de un total de 264 equivalente al 9.8%. En leche pasteurizada se hallaron 20 muestras positivas (13.8%), mientras que en leche cruda el porcentaje fue inferior (5%). La mayor frecuencia de contaminación se presentó en el mes de agosto con 27.3%. De las 20 muestras de leche pasteurizada analizadas, seis contenían β -lactámicos y dos tetraciclinas, mientras que en leche cruda se detectaron 3 muestras positivas a β -lactámicos y 3 a tetraciclinas. El 77% de las muestras detectadas positivas contenía al menos una sulfonamida, siendo la sulfamerazina la más frecuente¹⁴.

Residuos de medicamentos veterinarios en leche

En animales productores de alimentos se utiliza una gran variedad de productos farmacológicos para diferentes fines, ya sean terapéuticos o zootécnicos. La utilización de la mayoría de estos fármacos puede repercutir en la presencia de residuos medicamentosos (principio activo del fármaco o sus metabolitos) en la alimentos procedentes de animales tratados, incluida la leche. La presencia de residuos de antimicrobianos en leche, se atribuye especialmente a la no observancia de las indicaciones sobre el uso adecuado de los antimicrobianos, referente al período de restricción (PR), en el sentido del tiempo que no debe ser consumida la leche de la vaca tratada según las instrucciones del producto¹⁷.

En la mayoría de los casos, la utilización de medicamentos en ganadería es necesaria para garantizar la salud y el bienestar de los animales, pero cuando se utilizan de manera fraudulenta, indiscriminada y abusiva, la entrada de residuos en la cadena alimentaria puede suponer un grave riesgo para la salud de los consumidores. Las Buenas Prácticas de Manejo en producción animal, la utilización racional de los medicamentos de uso veterinario y respetar los tiempos de espera, permiten disminuir o eliminar los residuos hasta niveles aceptables en el organismo animal antes del ordeño o del sacrificio.

La presencia de residuos veterinarios en los alimentos de origen animal constituye una preocupación creciente en el ámbito de la Salud Pública y los consumidores. Existen estudios que demuestran que estos residuos pueden ser perjudiciales dando lugar a diversos trastornos en los consumidores, como alergias, inhibiciones terapéuticas, daños fisiológicos, teratogenicidad, mutagenicidad, carcinogenicidad, cambios morfo-fisiológicos y resistencias microbianas, por lo que se establecen parámetros que garanticen que aun consumiendo durante toda la vida de una persona alimentos con cierto nivel de residuos, en límites inferiores a los establecidos, no produzcan ningún riesgo, y se prohíben aquellos residuos medicamentosos que puedan ser considerados sustancias de elevado riesgo.

El objetivo principal de la vigilancia de residuos de medicamentos de uso veterinario en alimentos, es evitar que lleguen al consumidor alimentos con residuos de sustancias que puedan tener consecuencias negativas para la salud.

Efectos indeseables de los residuos de medicamentos antimicrobianos

Son múltiples los efectos secundarios que pueden ocurrir por la ingestión de alimentos con residuos de medicamentos antimicrobianos. A continuación se resumen algunos de los posibles efectos citados en la literatura.

Reacciones alérgicas: las posibles reacciones agudas por ingestión de leche con residuos antimicrobianos y que no guardan relación dosis-efecto corresponden a reacciones alérgicas.

Transferencia de genes de resistencia: el principal riesgo de los residuos antimicrobianos lo constituye, sin duda alguna, la posible aparición de bacterias resistentes tanto en animales como en personas. El uso de antibióticos causa una “presión selectiva” que les otorga a las bacterias resistentes a dicho antibiótico la ventaja de proliferar en dicho medio; además, la bacteria, aun no siendo patógena, podría transferir su resistencia a las que sí lo son.

Aparición de resistencia en bacterias patógenas: es improbable que las bacterias multirresistentes pasen de la leche pasteurizada al humano; no obstante, el consumo de leche cruda o de sus derivados sin procesar (como los quesos frescos) sí ha dado lugar a brotes graves de enteritis en humanos, causada por patógenos fecales como el *Campylobacter jejuni* y la *Salmonella typhimurium*. En algunos de estos brotes se pudo establecer una asociación entre los tratamientos aplicados a los animales y las resistencias creadas en las bacterias patógenas. Precisamente este tipo de conexión, junto con el de brotes similares por consumo de carne, ha motivado restricciones en el uso de antibióticos en animales de abasto tanto para tratamiento de enfermedades infecciosas como para la promoción del crecimiento.

Alteración directa de la flora intestinal normal humana por el antimicrobiano: Aunque hipotéticamente la ingestión de residuos de antimicrobianos podría alterar la flora intestinal humana, la posibilidad es remota si se considera el efecto de dilución en plantas procesadoras y las concentraciones tan bajas que suelen alcanzarse²⁵.

En la Tabla 3, se presenta un listado de principios activos de uso veterinario utilizados en ganado bovino, su principales indicaciones, dosis, vía de administración y el período de retiro recomendado por el laboratorio fabricante.

Tabla 3. Antibióticos y otros medicamentos veterinarios utilizados en bovinos productores de leche y carne¹⁰

Principio activo	Indicaciones	Dosis y vía de aplicación	Período de retiro
Antibióticos			
Ampicilina sódica 100 mg/mL Polvo inyectable	Diarreas, bronconeumonías, bacterianas, septicemias, mastitis agudas y metritis	10 mg por kg de peso corporal. Intramuscular, subcutánea o intravenosa	Carne: 15 días Leche: 48 horas
Amoxicilina (trihidrato) 150 mg/mL Suspensión inyectable	Abscesos, heridas, gabarro, diarreas, bronconeumonías, Septicemias, mastitis y metritis	15 mg por kg de peso corporal Vía subcutánea o intramuscular profunda	Carne: 21 días Leche: 72 horas
Estreptomina base 50 g Polvo inyectable	Colibacilosis, neumonías en becerros, mastitis por <i>E. coli</i> , metritis, leptospirosis, diarreas, retención placentaria y cistitis	De 11 a 22 mg por kg de peso corporal Vía intramuscular	Carne: 30 días Leche: 72 horas
Asociación antibiótica inyectable (Penicilinas, Dihidroestreptomina y Estreptomina inyectable)	Neumonías, bacterianas, abscesos, pierna negra, ántrax, heridas, mastitis, metritis, píometras, cistitis y pielonefritis	De 11,000 a 22,000 U.I. por kg de peso vivo Vía intramuscular	Carne: 30 días Leche: 72 horas

Florfenicol 300 mg/mL. Solución inyetable	Neumonías causadas por <i>Manheimia haemolitica</i> , <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Histophilus somni</i> y <i>Actinobacillos pleuropneumoniae</i>	40 mg/kg de peso vivo Vía intramuscular, vía subcutánea	Carne: 28 días (aplicación IM), 38 días (aplicación SC) Leche: 5 días
Gentamicina base 100 mg/mL Solución inyetable	Infecciones bacterianas del aparato respiratorio, gastrointestinal y genitourinario Útil en el tratamiento de mastitis y metritis bacterianas	2 mL por cada 50 kg (4 mg/kg/día) durante 3 a 5 días Inyección intramuscular profunda	Carne: 60 días Leche: 4 días
Oxitetraciclina base 50 mg/mL Solución inyetable	Complejo respiratorio bovino, queratoconjuntivitis, leptospirosis, anaplasmosis, pododermatitis, metritis, mastitis, heridas infectadas, edema maligno, carbón sintomático, ántrax	De 5 mg a 10 mg /kg de peso vivo Inyección intramuscular, subcutánea e intravenosa	Carne: 30 días Leche: 72 horas
Ceftiofur sódico 40 mg/mL Solución inyetable	Neumonías, diarreas, metritis y gabarro	De 1 a 2 mg/kg (1 a 2 mL/ 40 kg de peso vivo)	Carne: Bovinos: 8 horas Leche: ninguno
Sulfametoxazol 200 mg y Trimetoprim 40 mg/mL Solución inyetable	Neumonías, diarreas, mastitis, metritis y gabarro	1 mL por cada 20 kg de peso vivo Intramuscular o subcutánea	Carne: 4 días Huevo: 24 horas Leche: 3 días

Clortetraciclina 200 g/kg. Premezcla	Prevención y tratamiento de infecciones causadas por gérmenes susceptibles a la fórmula, tales como: <i>Mycoplasma h.</i> , <i>Clostridium spp.</i> , <i>Haemophilus spp.</i> , <i>Pasteurella m.</i> , <i>Leptospira spp.</i> , <i>Erysipelothrix r.</i> , entre otros	Preventivo: 1 kg por tonelada de alimento Curativo: De 2 a 4 kg por tonelada de alimento	Carne: 5 días Leche: 10 días
Infusión antibiótica Intramamaria Dihidroestreptomicina 0.25 g, Neomicina 0.10 g, Polimicina 80,00 U.I. y Flumetasona 0.25 mg en 10 mL	Tratamiento de cuadros subclínicos, agudos o crónicos de mastitis	Aplicar el contenido de una jeringa en el cuarto afectado, después de la ordeña cada 12 horas por 3 o 4 días hasta la resolución del problema, vía intramamaria	Leche: 4 días
Infusión antibiótica intramamaria (Lincomicina 20 mg, Neomicina 20 mg y Dexametasona 0.1 mg en 1 mL)	Tratamiento de cuadros subclínicos, agudos o crónicos de mastitis	Administrar el contenido total de la jeringa en cada cuarto afectado después de que haya sido ordeñado perfectamente El tratamiento se puede repetir cada 12 horas durante 3 o 4 días de acuerdo con la evolución del padecimiento	Leche: 4 días
Antiparasitarios			
Levamisol 120 mg/mL. Solución inyectable	Para tratamiento y control de parásitos pulmonares y gastrointestinales	1 mL por cada 15 kg de peso vivo Inyección intramuscular profunda	Carne: 3 días Leche: 72 horas

<p>Sulfoxido de Albendazol 30 mg y Closantel 150 mg/mL Antihelmíntico oral de amplio espectro</p>	<p>Control de formas inmaduras, adultas y huevos de nematodos gastrointestinales, pulmonares y renales en fases larvarias como adultas Auxiliar en el control de parásitos externos como piojos, larvas nasales (<i>Oestrus ovis</i>) y ácaros</p>	<p>1 mL por cada 20 kg de peso vivo Vía oral</p>	<p>Carne: 28 días Leche: 28 días</p>
<p>Ivermectina 10 mg/mL Solución inyectable Endectocida</p>	<p>Para el tratamiento y control de nematodos gastrointestinales, pulmonares y renales en sus fases larvarias como adultos. Auxiliar en el control de parásitos externos como piojos, larvas nasales (<i>Oestrus ovis</i>) y ácaros</p>	<p>1 mL por cada 50 kg de peso vivo Vía subcutánea</p>	<p>Carne: 28 días Leche: 28 días</p>
<p>Dipropionato de Imidocarb 120 mg/mL Solución inyectable Antiparasitario hemático</p>	<p>Tratamiento y control de piroplasmosis y anaplasmosis en bovinos</p>	<p>2.5 mL por cada 100 kg de peso vivo Inyección subcutánea o intramuscular</p>	<p>Carne: 90 días No aplicar en ganado en producción cuya leche sea destinada al consumo humano</p>
<p>Bromhexina 3 mg/mL. Solución inyectable</p>	<p>Mucolítico y expectorante, auxiliar en el tratamiento de neumonías</p>	<p>0.5 mg/kg de peso Intramuscular e intravenosa lenta</p>	<p>Carne: 3 días Leche: 3 días</p>
<p>Cipermetrina 20%. Garrapaticida y mosquicida</p>	<p>Auxiliar en el control de garrapatas y moscas</p>	<p>1Litro por cada 1,000 litros de agua Baño de inmersión</p>	<p>Leche: 6 horas Carne: 3 días</p>

Reacciones adversas específicas a algunos medicamentos reportadas en humanos

Tetraciclinas

La eliminación de las tetraciclinas se realiza fundamentalmente por excreción renal y a través de las heces. Las tetraciclinas se excretan también en la leche. El nivel alcanzado en la leche materna es la mitad del nivel que se encuentra en el plasma. Las tetraciclinas no deben administrarse junto con penicilinas, ni cefalosporinas ya que, debido a su mecanismo de acción, las tetraciclinas pueden antagonizar el efecto de los antibióticos bactericidas especialmente los β -lactámicos, puesto que la penicilina actúa inhibiendo la síntesis de la pared de la célula y las tetraciclinas, que inhiben la síntesis de las proteínas, pueden enmascarar el efecto bactericida de la penicilina⁹.

Ceftiofur

El ceftiofur es una cefalosporina de tercera generación indicada en la terapéutica de infecciones bacterianas respiratorias de animales domésticos debido a las óptimas concentraciones alcanzadas en pulmón y a la susceptibilidad de las bacterias implicadas. Se reportan valores de concentración inhibitoria mínima (CIM₉₀) de ≤ 0.06 $\mu\text{g/ml}$ para el género *Pasteurella*⁸. Las penicilinas y cefalosporinas pueden provocar hipersensibilidad (alergia), tras su inyección, inhalación, ingestión o contacto con la piel. Puede existir hipersensibilidad cruzada entre las cefalosporinas y las penicilinas y viceversa. Las reacciones alérgicas a estas sustancias pueden ser ocasionalmente graves. No ha quedado demostrada la seguridad del medicamento veterinario durante la gestación o la lactancia. Las propiedades bactericidas de las cefalosporinas son antagonizadas por la utilización simultánea de antibióticos bacteriostáticos (macrólidos, sulfonamidas y tetraciclinas)¹.

Gentamicina

Es un antibiótico aminoglucósido de amplio espectro. Actúa sobre bacterias gramnegativas aerobias, incluyendo enterobacterias, *Pseudomonas* y *Haemophilus*. Actúa también sobre estafilococos (*Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*)

incluyendo cepas productoras de penicilinas, tiene actividad muy limitada sobre estreptococos. Carece de actividad sobre bacterias anaerobias. Se excreta en cantidades mínimas a través de la leche materna.

Reacciones secundarias y adversas: Nefrotoxicidad, los efectos renales adversos como se demuestra por la presencia de cilindros, células, proteína en la orina, por un aumento en el nitrógeno de la urea, nitrógeno no proteico, creatinina sérica u oliguria, han sido reportados y con mayor frecuencia ocurren en pacientes con una historia de disfunción renal y en los tratados por largos períodos con dosis mayores a las recomendadas. Neurotoxicidad: Se han observado efectos adversos graves en las ramas vestibular y auditiva del octavo par craneal, en especial, en pacientes con deterioro renal (en particular si requieren diálisis) y en los tratados con altas dosis y/o terapia prolongada. Los síntomas incluyen mareo, vértigo, ataxia, tinnitus, pérdida auditiva, la cual como sucede con otros aminoglucósidos puede ser irreversible. En general, la pérdida auditiva se manifiesta en su inicio con una disminución de la audición de altas frecuencias²².

Sulfonamidas

Se usan mayoritariamente en el ganado productor de leche las sulfonamidas: sulfatiazol, sulfamerazina, sulfametazina, sulfamonometoxina, sulfametoxazol y sulfocloropiridazina. Se les encuentra en el mercado como mezclas de 2 a 3 de ellas, combinadas con trimetoprim y en algunos casos mezclada con antibióticos. La mayoría de las sulfonamidas se excretan principalmente en la orina. La bilis, heces. Leche y sudor constituyen vías de excreción de menor importancia⁵.

Reacciones adversas a sulfonamidas; Puede presentarse diarrea, mareos, dolor de cabeza, pérdida de apetito, náuseas o vómito, los cuales requieren de atención médica sólo si son persistentes o molestos. Puede presentarse también sensibilidad cutánea a la luz solar, picores o rash cutáneo (hipersensibilidad) y con una incidencia menos frecuente: dolor articular y muscular (síndrome de Stevens-Johnson) dificultad al tragar (síndrome de Lyell), fiebre (discrasias sanguíneas, hipersensibilidad), piel pálida o dolor de garganta o

hemorragias o hematomas no habituales (discrasias sanguíneas), color amarillo en los ojos o en la piel (hepatitis). Púrpura, neutropenia, raramente agranulocitosis²³.

Ivermectina

La ivermectina se excreta principalmente por las heces. Sin embargo, en hembras en lactancia una fracción significativa del fármaco se excreta por la leche, en donde tiene una prolongada vida media. Debido a sus características farmacocinéticas y al hecho de que una fracción muy significativa del fármaco se elimina a través de la leche (5% de la dosis) su uso está prohibido en animales en lactancia, cuyo producto sea destinado a consumo humano y se recomienda que su utilización en vacas gestantes se realice a lo menos con una anticipación de 28 días previos al parto¹⁸.

La ivermectina puede provocar efectos secundarios: Mareos, pérdida de apetito, náuseas, vómitos, dolor o hinchazón estomacal, diarrea, estreñimiento, debilidad, somnolencia, temblor incontrolable de alguna parte del cuerpo, molestias en el pecho. En el tratamiento para la oncocercosis, también puede presentar los siguientes efectos secundarios: hinchazón de ojos, cara, brazos, manos, pies, tobillos o pantorrillas, dolor e inflamación en las articulaciones, dolor e inflamación de las glándulas del cuello, axilas o entrepierna, frecuencia cardíaca acelerada, dolor, enrojecimiento o lagrimeo de ojos, hinchazón de ojos o párpados, sensación anormal en los ojos. Algunos efectos secundarios pueden ser graves: fiebre, ampollas o descamación de la piel, sarpullido, urticaria, comezón¹³.

Levamisol

Los efectos colaterales más comunes que se manifiestan con la administración de levamisol como antihelmíntico, se presenta preferentemente en niños: náuseas, vómitos, dolor abdominal, mareos, dolor de cabeza. Los efectos colaterales más comunes que se presentan con la administración de levamisol como inmunoestimulante por la administración prolongada (es común con otro inmunomodador), los efectos asociados al uso prolongado del levamisol incluyen, reacciones de hipersensibilidad, artralgia, rash

cutáneo, convulsiones y anormalidades hematológicas (agranulocitosis, leucopenia, trombocitopenia), trastornos gastrointestinales¹⁶.

Conclusiones

Aunque se realizan pruebas para la determinación de antibióticos en leche, puesto que está considerado por la normatividad vigente en México, es necesario también hacer la determinación de otros medicamentos o sus metabolitos, como por ejemplo los antiparasitarios, pues representan también riesgo a la salud.

Es necesario hacer campañas de concientización de los pequeños productores para que se haga un uso racional de medicamentos, así como también respetar los períodos de restricción o retiro que dependiendo del principio activo van desde 24 horas (sulfonamidas), hasta 30 días (Ivermectina) después de finalizado el tratamiento, pues al no hacerlo conlleva el riesgo de pérdidas económicas importantes para el productor, al tener que desechar la leche proveniente de los animales tratados, así como las sanciones impuestas por los compradores, que van desde suspensión del recibo de leche por algunos días, hasta la rescisión del contrato de compraventa de leche de manera definitiva, por intentar comercializar la leche contaminada.

El impacto en la salud pública en función al consumo de leche con residuos de medicamentos, puede desde reacciones alérgicas leves, hasta las infecciones por la generación de microorganismos patógenos resistentes.

Referencias:

1. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. (2011). Actionis 50 mg/ml suspensión inyectable para porcino y bovino Ceftiofur. Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. Madrid, España. Pp: 1-7.
2. Al-Jabri, A.A. (2005). Honey, milk and antibiotics. *African Journal of Biotechnology*. 4:1580-1587.
3. Armijo, J.A. (1983). Principios de farmacocinética clínica. En: Flórez J, Martínez L. J.M. (Ed.). *Neurofarmacología fundamental y clínica*. Pamplona: EUNSA. Pp: 63-108.
4. CEE. Comunidad Economica Europea. Reglamento 2377/90 del Consejo de 26 de junio de 1990 porque el que se establece un procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal. (consultado el 4 de abril del 2015). En línea:

- <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1990R2377:20060408:ES:PDF>.
5. Díaz, P. C. (2008). Determinación de residuos de antibióticos y sulfonamidas en seis marcas comerciales de leche de mayor consumo en la Ciudad de Riobamba. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Pp: 1-23.
 6. Dreser A, Wirtz V. J., Corbett K. y Echániz G. (2008). Uso de antibióticos en México: revisión de problemas y políticas. *Revista Salud Pública de México*. 50(4): 480-487.
 7. DuPuis, E. M. (2000). Not in my body: rBGH and the rise of organic milk. *Agriculture and Human Values*. 17: 285-295.
 8. Errecalde C., Prieto G., Lüders C. y García O. H. (2006). Farmacocinética y biodisponibilidad de ceftiofur sódico en caprinos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 19(3): 306-311.
 9. Korchi, G. (2006). Farmacocinética y eficacia de oxitetraciclina tras su administración intramuscular en bovino. Depleción tisular. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España. Pp: 20-28.
 10. LAPISA. (2013). Guía rápida, vademécum. Laboratorios La Piedad S.A. de C.V. La Piedad, Michoacan, México. Pp: 5-19.
 11. Marth, E.H. y Ellickson, B.E. (1959). Problems created by the presence of antibiotics in milk and milk products-a review. *Journal of Milk Food Technology*. 22: 266-272.
 12. Martínez, L.R., Tepal, C.J., Hernández, A.L., Escobar, R.M., Amaro, G.R. y Blanco, O.M. (2011). Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca. SAGARPA, Cuajimalpa, D.F. Pp: 7-52.
 13. Medline plus. (2015). Ivermectina (consultado el 4 de abril de 2015). En línea: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/druginfo/meds/a607069-es.html>.
 14. Noa-Lima, E., Noa, M., González, D., Landeros, P. y Reyes, W. (2009). Evaluación de la presencia de residuos de antibióticos y quimioterapéuticos en leche en Jalisco, México. *Salud Animal*. 31(1): 29-33.
 15. NOM-243-SSA1-2010, Productos y Servicios. Leche, producto lácteo, producto lácteo combinado, mezcla de leche con grasa vegetal y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
 16. P. R. Vademecum (2015). Levamisol Dutriec (consultado el 4 de abril del 2015). En línea: <http://py.prvademecum.com/producto.php?producto=6322>.
 17. Pacheco, G. C. (2001). Cinética de eliminación de antimicrobianos en leche aplicados con fines terapéuticos a vacas. Tesis de Maestría. Universidad De Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Pp: 1-5.
 18. Pérez, L., Palma, C., Villegas, R., Vega, M. y Pérez, R. (2006). Metodología analítica y detección de residuos de ivermectina en muestras de leche de rebaños de la provincia de Ñuble, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 38(2). Pp: 143-150.
 19. PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche-alimento-lácteo-leche cruda de vaca - especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
 20. Ramírez, N., Gaviria, G., Arroyave, O., Sierra, B. y Benjumea, E.J. (2001). Prevalencia de mastitis en vacas lecheras lactantes en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 14: 76-87.
 21. Reybroeck, W., Ooghea, S., De Brabanderb, H.F. y Daeseleire, E. (2010). Validation of the beta-s.t.a.r. 1+1 for rapid screening of residues of b-lactam antibiotics in milk. *Food Additives and Contaminants*. 27: 1084-1095.
 22. SSA. (2008). Gentamicina, Catálogo de Medicamentos Genéricos Intercambiables para farmacias y público en general al 3 de agosto de 2007. (consultado el 2 de abril de 2015). En línea: http://www.facmed.unam.mx/bmnd/gi_2k8/prods/PRODS/Gentamicina%20Iny.htm.

23. SSA. (2008). Trimetoprima/sulfametoxazol, Catálogo de Medicamentos Genéricos Intercambiables para farmacias y público en general al 3 de agosto de 2007. (consultado el 2 de abril de 2015). En línea:
http://www.facmed.unam.mx/bmnd/gi_2k8/prods/PRODS/Trimetoprima-sulfametoxazol%20Susp.htm.
24. Turnipseed, S. B., Andersen, W. C., Karbiwnyk, C. M., Madson, M.R., y Miller, K. E. (2008). Multi-class, multi-residue LC-MS-MS screening and confirmation method for drug residues in milk. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 22: 1467-1480.
25. Villar, D., Olivera, M., Dídir, R.J. y Chaparro, J. (2012). Aproximación al tema de residuos antimicrobianos y antiparasitarios en leche. Límites permisibles y tiempos de retiro. Medellín, Colombia, Biogénesis Fondo Editorial. Pp: 13-42.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE MATANZA TIF, KOSHER Y HALAL: RELIGIÓN VS BIENESTAR ANIMAL

José Mario Mendoza Carrillo

Daniel Díaz Plascencia

Fidel Ávila Ramos

Introducción

El bienestar animal siempre ha sido un concepto presente en la conciencia de la relación humana para evitar o disminuir al menos el sufrimiento de los animales. Esta perspectiva ha sido utilizada de diferentes maneras a lo largo de la humanidad y está conceptualizada en diferentes religiones con diferentes alcances.

En el artículo 7.5.1 referente al sacrificio de animales en el reglamento sanitario para los animales terrestres de la OIE⁹, presenta recomendaciones para garantizar el bienestar animal de los animales destinados al consumo humano durante las operaciones que preceden y que permiten la matanza o sacrificio hasta la muerte de los animales domésticos, así mismo, los demás animales que sean sacrificados fuera de los mataderos, deberán ser manipulados de modo que su transporte, estabulación, sujeción y sacrificio no les cause estrés innecesario, y los principios en que se basan las recomendaciones se aplican también a ellos. Este reglamento involucra el personal encargado de las operaciones, el comportamiento animal, cuidado de los distractores, construcciones especiales, el desplazamiento y manipulación de los animales previo al sacrificio entre otros aspectos relacionados y regulados para promover y asegurar las prácticas que disminuyan o eviten el maltrato animal

Sin embargo, a pesar de estas recomendaciones que atienden y previenen el sufrimiento animal, algunos sistemas de matanza se mantienen firmes a las creencias religiosas y no procuran el bienestar animal como lo son los sistemas Kosher y Halal de los Judaístas y musulmanes respectivamente. Por lo que, este capítulo tiene como objeto

analizar las diferencias entre los sistemas de matanza antes mencionados, el sistema Tipo Inspección Federal (TIF) en México y la procuración del bienestar animal.

Certificaciones Kosher - Halal

Sistema Kosher

Kosher, la pronunciación en yídish de casher, כָּשֵׁר, es aquello que cumple con los preceptos del cashrut del hebreo כְּשָׁרוּת, que designa aquello "correcto" o "apropiado" para ser consumido; de ahí se definen los alimentos que son aptos para el consumo de la comunidad Judía. No se refiere a un tipo específico de comida, sino a un sistema de revisión de alimentos de acuerdo al ritual judío y cuyo significado está determinado por un conjunto de criterios religiosos prescritos en la Torah (Pentateuco). Dichas leyes buscan establecer un régimen que beneficie al cuerpo y al alma, para lograr un equilibrio tanto físico como mental. Está basado en los preceptos bíblicos del Levítico 11 y Deuteronomio 14. Existen varias agencias locales e internacionales que expiden el certificado Kosher, también puede ser otorgado por cualquier rabino facultado para expedirlo. El grado de aceptación y reconocimiento del mismo va a depender del reconocimiento y prestigio con el cual goza el rabino o la autoridad que lo emite. Cabe mencionar, la importancia de investigar esto, pues son pocas las que gozan del reconocimiento y aceptación unánime.

Para obtener este certificado es necesario seguir un proceso, dictado por el Rabinato. En el cual, se realiza la solicitud del certificado, inspección inicial y evaluación por parte del Rabinato, El contrato "Kosher", reinspección y emisión del Certificación.

Clasificación de Productos Kosher

- Lácteos:** La leche y sus productos derivados (queso, crema manteca etc). Estos productos no se pueden mezclar con la carne.

- Cárnicos:** Todo animal apto para consumo según las normas kosher debe ser rumiantes y poseer las pezuñas partidas. Es kosher la carne de vaca, oveja, cabra, y de ciertas aves como pollo, pavo, pato y ganso.

•**Parve o Neutro:** Denominado así porque no contienen ni carne ni ingredientes lácteos. Son parve las frutas, granos y vegetales en su estado natural, los huevos y aquellos pescados que no poseen escamas ni aletas.

Además existe una categoría específica denominada passover (el octavo día que conmemora el éxodo de la población judía desde la esclavitud en Egipto), que respeta leyes únicas en materia de alimentación. Algunos granos y sus derivados no pueden ser consumidos en passover aunque sean kosher el resto del año⁷.



Figura 1. Productos certificados Kosher⁸

Sistema Halal

El término halal (en árabe *حلال*, también transliterado *ḥalāl* o *halaal*) hace referencia al conjunto de prácticas permitidas por la religión musulmana. El término en sí engloba todo tipo de prácticas, pero es comúnmente asociado a los alimentos aceptables según la sharia, o ley islámica. El término opuesto, que expresa las prácticas prohibidas, es haram.

Para que un alimento pueda ser considerado Halal, debe ajustarse a la normativa recogida en El Corán, en las tradiciones del Profeta, y en las enseñanzas de los juristas

islámicos. La religión rige muchas de las actividades diarias de los musulmanes. El Corán ordena a los musulmanes una dieta estricta y enumera los alimentos que los musulmanes podrán llevar a su mesa. En los productos Halal no sólo se toman en cuenta los ingredientes que se utilizaron para elaborar el producto, también tienen ciertos requerimientos en el proceso de la elaboración.

Para obtener el certificado es necesario acercarse a una Institución Halal. En México operan las siguientes: Viva Halal AC y el Centro Cultural Islámico de México, quienes apoyan a las empresas en la obtención de este sello.

Los pasos a seguir para obtener el certificado son: solicitud, evaluación previa, visita preliminar, programa de inspección, evaluación de la inspección, emisión de la licencia y del certificado de conformidad, notificación, revisión de la notificación, seguimiento y renovación de los registros.



Figura 2. Sistema de certificación Halal⁸

Teniendo ya en cuenta a que se refiere de forma general con cada una de estas certificaciones, el definir cuál de ellas manejar depende de factores meramente comerciales, pues el mercado es muy específico, con exigencias muy particulares, además va en aumento y con la globalización es común la solicitud de este tipo de sellos. Ahora bien, es necesario contar con un conocimiento cabal y amplio del mercado en el cual se maneja el producto, pues es lo que determinará el tipo de certificación a obtener o la decisión a tomar en esta cuestión, pues ambas son y van a sectores completamente diferentes cuyos valores y normas son derivados de la idiosincrasia, rigen su proceder diario, así pues el conocimiento, respeto y cumplimiento a los mismos brindarán ventajas comerciales y/o un valor agregado al producto que se busca comercializar.



Figura 3. Sello de certificado Kosher y Halal⁸

Influencia cultural y religiosa de los judíos y musulmanes en México

En la actualidad las técnicas occidentales de matanza de los animales es la que conocemos ayuda a disminuir el sufrimiento y la crueldad a los animales, como las establecidas por la COFEPRIS y SAGARPA para los establecimientos TIF. Pero en un mundo globalizado y en expansión, la influencia y crecientes mercados específicos de las culturas que requieren cubrir necesidades especiales como la de los grupos étnicos asiáticos, judíos y musulmanes con requerimientos y especificaciones influenciadas por las religiones y

creencias propias de cada las culturas de estos grupos que son capaces de influenciar al comercio mundial. Los sistemas Kosher para los judíos y el sistema Halal para los musulmanes, tiene diferencias marcadas en cuanto a la percepción del sufrimiento animal y el entendimiento de mantener intacto la energía y pureza espiritual de los alimentos, en este caso de origen animal. El sistema Kosher o Shejitá del pueblo Judío hoy en día lo está enfrentando y causando varios conflictos con su entorno social. Dado que el Torá, solo permite este método como la única forma de ritual del faenado de animales, por medio del cual, los judíos tienen permitido comer carne. Por lo que, hay grupos que ponen presión para prohibirlo, o imponen leyes gubernamentales que previenen que sea realizado efectivamente y utilizando técnicas de insensibilización, lo que se contrapone con las tradiciones de los judíos ortodoxos. La Torá, el libro sagrado de los judíos, no considera el consumo de carne como algo que se da por sentado. Antes de Noé, a los seres humanos no se les tenía permitido comer carne. Luego, en una ley dada por Dios a Noé, después del diluvio, se les fue permitido comer, pero si solamente el animal era matado antes de comerlo. Las reglas para el procesamiento de los animales Kosher (significa adecuado), aves y peces están dados en la Torá⁸.

El término halal (en árabe ḥalāl o halaal) hace referencia al conjunto de prácticas permitidas por la religión musulmana. Aunque el término en sí, engloba a todo tipo de prácticas, es comúnmente asociado a los alimentos aceptables según la Sharia, o ley islámica. El término opuesto, aquel que expresa las prácticas prohibidas, es haram. En los países musulmanes, el término se usa para describir toda práctica permisible por la ley islámica, teniendo un significado más acotado al literal, traducible como permisible. Ello incluye todo lo relacionado con el comportamiento, el lenguaje, la vestimenta, los modales y las leyes dietéticas. Sin embargo, en los países donde no se habla árabe, el término se reduce en la mayoría de los casos a las leyes alimenticias islámicas, especialmente en cuanto a carne y aves se refiere, aunque también se usa en sentidos más generales. Este concepto de la halal tiene una gran similitud con el término hebreo cashrut o kosher⁸.

Los animales Kosher permitidos y prohibidos

Los animales permitidos por la Torá para consumo de los animales terrestres, deben tener pezuñas hendidas y ser rumiantes (estas dos características deben darse al mismo tiempo). Por lo tanto, el cerdo, la liebre, el tejón, el camello y varios animales más no cumplen ese requisito; por lo tanto, no se deben consumir las carnes de estos animales. De los animales acuáticos, está permitido el consumo de los que tienen aletas y escamas (estas dos características deben darse al mismo tiempo). Por lo tanto, el consumo de las langostas, camarones, ostras, cangrejos, tiburón y bagre está prohibido. En las aves, la distinción es menos clara, la Torá provee una lista explícita de aves impuras, sin explicar por qué lo son. Aunque la mayoría son aves de rapiña o carroñeras, de modo que las interpretaciones rabínicas suelen colocar todas las aves de presa y de carroña entre las "no Kosher". Debido a que la definición Kosher es menos clara con las aves provenientes del Nuevo Mundo (p. ej. el pavo), pues éstas no son mencionadas en la Torá. En el caso del pavo, las opiniones la consideran Kosher, pero algunos grupos judíos no lo aceptan para Shejitá. Por otra parte, los insectos alados, unos pocos están permitidos, como la langosta y el saltamontes, mientras que todo el resto de los insectos voladores y rastreros, al igual que los roedores, reptiles y anfibios.

Hay que notar que la prohibición se extiende a todos los productos derivados de los animales mencionados anteriormente, tales como las vísceras, leche, huevos, etc. Una notable excepción es la miel de abejas, que es considerada ampliamente como Kosher, mientras que las abejas en sí no lo son. Una explicación común de esto es que la miel es un producto de las flores, aunque las abejas lo almacenen en sus cuerpos y luego en sus panales. También debe considerarse que la miel es explícitamente mencionada varias veces en la Torá como un producto noble, formando parte incluso del nombre poético dado varias veces a Israel: "tierra que mana leche y miel".

Si el animal no está sano, nuevamente está prohibido o no Kosher que es Treif (significa no adecuado), literalmente significa "desgarrado". Un animal que ha sido desgarrado internamente y está enfermo, no debe ser consumido por judíos. La Torá también dice que la sangre tampoco debe ser ingerida, y que las partes de carne, deben consumirse por separado de los lácteos. Para los judíos en el tiempo de Moisés, la carne

sólo se podía comer cuando era parte del sacrificio en un santuario, por lo tanto la carne obtenida era considerada Sagrada. Luego, poco tiempo antes de entrar a la tierra de Israel, se le fue dicho al pueblo Judío que podían comer carne, pero solamente si la faenaban de una forma especial. Este método se le fue revelado a Moisés en el Sinaí y es el mismo modo el que se continúa utilizando en los santuarios y templos hasta el hoy en día. Todos los alimentos, incluyendo plantas y animales, tienen dentro de ellos una fuerza vital, por lo que, las costumbres Judaístas muestran que cuando se comen alimentos permitidos, y se sirve a dios con energía, le da a él o ella, un círculo crucial espiritual completo, ayudando a perfeccionar el universo. Esa es la misión global y las leyes detalladas y la práctica de la Shejitá ayuda a poder realizarlo, para el beneficio de toda la humanidad.

Animales Halal permitidos y prohibidos

Se permite el uso de animales bovinos, ovinos, caprinos y aves sanas y criados para consumo de la carne, sin embargo existen muchas prohibiciones de los siguientes animales: Cerdos, jabalíes y sus derivados, perros, serpientes y monos, animales carnívoros con garras y colmillos. Las aves de presa, animales dañinos y venenosos, mulas y burros domésticos, así como todo animal permitido que no haya sido sacrificado de acuerdo al rito islámico.

“Se os prohíbe la carne del animal muerto por causa natural, la sangre, la carne de cerdo, la del animal que haya sido sacrificado en nombre de otro que Allah, la del que haya muerto por asfixia, golpe, caída, cornada o devorado por una fiera, a menos que lo degolléis. Y la del que haya sido sacrificado sobre altares y que consultéis la suerte con las flechas. Hacer esto es salirse del camino. Hoy los que se niegan a creer han perdido las esperanzas de acabar con vuestra Práctica de Adoración. No los temáis a ellos, temedme a Mí. Hoy os he completado vuestra Práctica de Adoración, he culminado Mi bendición sobre vosotros y os he aceptado complacido el Islam como Práctica de Adoración. El que se vea obligado por hambre, sin ánimo de transgredir”. Corán 5-3.

“No obstante quien se vea obligado a hacerlo en contra de su voluntad y sin buscar en ello un acto de desobediencia, no incurrirá en falta. Es cierto que Alá es perdonador y compasivo”. Corán 2:173.

Análisis del proceso de faenado

Determinar que un animal es de una especie kosher es sólo el primer paso. Otras leyes dictan cómo el animal debe ser faenado y qué partes de él pueden ser comidas. Los mamíferos y las aves kosher son faenados en un procedimiento shejitá, en el cual la garganta del animal es rápidamente cortada, en un corte exacto con un cuchillo perfectamente filoso y liso (llamado jalaf) por un shojet - altamente entrenado, cuidadoso de la Torá y temeroso de Dios. Un animal que muere o es matado por cualquier otro medio no es Kosher, sin embargo, los peces no requieren Shejitá. También la Torá, prohíbe terminantemente comer la carne arrancada del animal mientras que está vivo, esta prohibición es una de Siete leyes universales de Noé y es la única ley kosher que se aplica tanto a los no judíos, así como, a judíos⁸.

El término halal (en árabe حلال, o ḥalāl o halaal) hace referencia al conjunto de prácticas permitidas por la religión musulmana. Aunque el término en sí, engloba a todo tipo de prácticas, es comúnmente asociado a los alimentos aceptables según la sharia, o ley islámica. El término opuesto, aquel que expresa las prácticas prohibidas, es haram. En los países musulmanes, el término se usa para describir toda práctica permisible por la ley islámica, teniendo un significado más acotado al literal, traducible como permisible. Ello incluye todo lo relacionado con el comportamiento, el lenguaje, la vestimenta, los modales y las leyes dietéticas. Sin embargo, en los países donde no se habla árabe, el término se reduce en la mayoría de los casos a las leyes alimenticias islámicas, especialmente en cuanto a carne y aves se refiere, aunque también se usa en sentidos más generales. Este concepto de la halal tiene una gran similitud con el término hebreo cashrut o kosher.

Pero entonces, ¿por qué se está cuestionando la práctica del Kosher y Halal en el mundo occidental? En general el proceso posterior a la matanza mantiene altos estándares de sanidad, pero para los parámetros de bienestar animal y subsecuente en la preservación de la carne no es muy convincente el faenar a las reses u ovinos sin realizar el proceso de insensibilización. Ya sea este por medio de aturdimiento eléctrico o por el uso de la pistola de perno oculto que provocan una lesión en el cerebro manteniendo el latido del corazón, lo cual provoca un mejor desangrado de los animales y por tanto, su carne contiene menos sustrato para la proliferación de microorganismos que pueden acelerar el

proceso de descomposición y acortar la vida de anaquel de los productos cárnicos. Ahora bien, con el fin de hacer una comparación entre el procedimiento en centros de faenado TIF, la SAGARPA establece una serie de medidas y estándares de manejo y limpieza durante el traslado de los animales hasta el cajón de insensibilización, lo cual pretende evitar elevar los niveles de estrés a los animales utilizando el baños de agua por aspersión a lo largo del pasillo de conducción, así como, disminuir los niveles de polvo, pelos y suciedad que pudiera tener los animales. Esto mismo, sucede con el transporte, la estadía y el manejo de los animales debe cumplir con las guías de bienestar animal. Lo cual sucede en los tres sistemas de matanza.

Métodos de sujeción

Los métodos de sujeción y manipulación en los cajones de degüello son diferentes para el Kosher y Halal, ya que en estos dos sistemas, los animales deben ser sujetados de la parte inferior de la cabeza para levantar esta y pueda realizarse el corte de las arterias y venas carótida y yugular. Ahora se acepta que posterior a los cortes para la exanguinación se pueden insensibilizar en el sistema Kosher. Existen algunas variantes del modo de sujeción, los cuales incluyen un cajón giratorio en el cual el animal es sujetado de la barbilla y posteriormente el cajón gira 180°, colocando a la res con las patas hacia arriba, lo que le permita al Shojet (rabino matancero) tener mejor posición para el corte de la carótida, tráquea y esófago. El sangrado puede ser vertical e invertido, sin embargo es mejor el vertical, la inmovilización debe prevenir el estrés, con el mínimo de hematomas. El sacrificio debe completarse en 30 segundos o menos después de iniciada la inmovilización y el aturdimiento o sacrificio debe producirse dentro de los 10 segundos posteriores a la sujeción de la cabeza.

En plantas tipo Kosher, existe una coordinación entre el rabino y la planta, debido a que el rabino necesita que el animal sea presentado quieto y sin movimientos violentos. Si el animal está calmado, el corte puede ser realizado más fácilmente y la menor presión sanguínea resultará en una pérdida de sangre más completa durante la fase de desangrado del proceso religioso de sacrificio. Así mismo, el animal debe ser inmovilizado y el sistema de sujeción de la cabeza debe hacerlo de manera suave pero a la vez firme, el rabino debe

estar anuente a lavar el área del cuello previo al corte y la cabeza debe mantenerse sujeta, con el cuello sujetado firmemente para que el corte pueda ser realizado cerca de la línea de la mandíbula. Si el cuello se pierde, es difícil hacer un corte y lo más probable es que ocurra un corte inapropiado. Por esta razón, hay que asegurar que el cuello esté sujetado firmemente, previo al corte.

Desangrado

Este debe realizarse según especificaciones Kosher con un corte cuidadoso para evitar dolor, el cuchillo debe estar libre de picos o depresiones. Debe estar tan afilado como sea posible y debe medir al menos dos veces lo largo del cuello del animal. El corte debe ser delicado, continuo y sin detenerse; el corte debe ser capaz de permitir un sangrado rápido y completo del animal. Si se corta rápidamente y se produce un sangrado rápido, el ganado va a perder la consciencia dentro de 10 a 15 segundos. Como en todos los métodos de sacrificio, la presencia de vocalización y la presencia de sensibilidad o la presencia de hematomas en las canales, pueden indicar que la expectativa humanitaria no se ha conseguido.

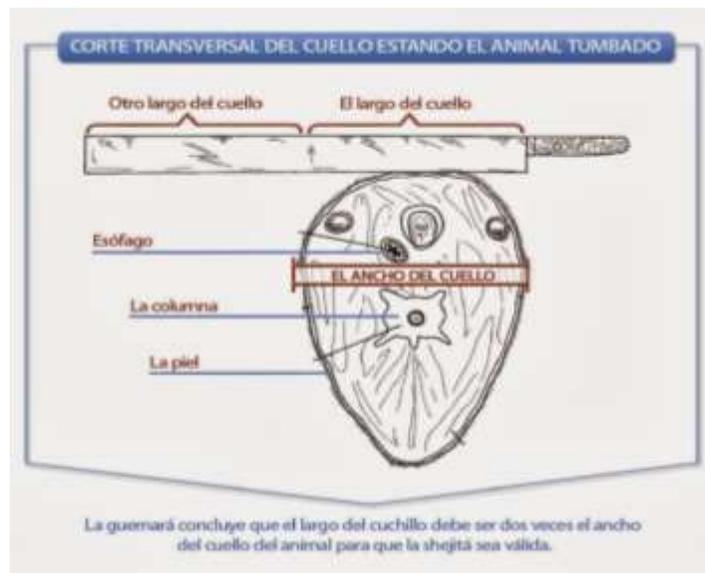


Figura 4. Lugar de corte y especificaciones del largo del cuchillo para realizar el degüello en el sistema Kosher¹⁷

Corte con el cuchillo para degüello en Kosher y Halal

Existen una serie de condicionantes y pasos para realizar el degüello. Primero es que el corte debe ser dentro de los 10 segundos posterior a la inmovilización. El largo del cuchillo debe ser 2 veces el largo del cuello de los animales a sacrificar. El corte debe ser con un movimiento continuo y simple de ser posible con el cuchillo bien afilado con un corte profundo cercano al hueso de la mandíbula y afilar el cuchillo cada 10 animales. El sangrado ideal debe ser dentro de los 10-15 segundos posterior al corte, máximo 60 segundos. Se permite el aturdimiento de emergencia en caso de un corte pobre o mal realizado. Así mismo, no se permite desollar ni soltar a los animales luego del corte, pero no permitir a las superficies cortantes tocar al animal (esto causa dolor y malestar al animal). Así también, se debe realizar en silencio, sin movimientos bruscos y ejercer la presión óptima sobre los animales para evitar malestar de los mismos y no permitir que el animal resbale o se sienta desbalanceado⁷.



Figura 5. Rabino afilando cuchilla para degüello ritual Kosher¹¹



Figura 6. Imagen de corte de cuello de bovino en forme vertical con la elevación de la cabeza y el Rabino realizando el degüello sin insensibilización en planta Kosher¹²



Figura 7. Imagen de corte de cuello de bovino en forma invertida con sujeción de la cabeza y el Rabino realizando el degüello sin insensibilización en planta Kosher¹³



Figura 8. Imagen de corte de cuello de ave por el rabino ultra ortodoxo realizando el degüello con ritual Kosher¹⁴



Figura 9. Imagen de corte de cuello de ovino con sujeción de la cabeza en cajón de sacrificio aplicado por el rabino realizando el degüello sistema Kosher^{14,15}

En el caso de los sistemas TIF para el faenado de los animales, estos son insensibilizados previos a cualquier manejo y corte de los animales, la NOM ZOO 033, establece los sistemas de insensibilización y matanza que deben realizarse dependiendo del tipo de animal y especie que se trate, lo que permite evitar el sufrimiento innecesario de

los animales destinados o no para abasto de la carne y subproductos cárnicos. Por lo tanto, el debate se encuentra en varios países si es o no óptimo el sistema Kosher, estableciendo ciertas consideraciones ahora como lo son la insensibilización después de 10 segundos posteriores al corte, lo cual no satisface ni garantiza la insensibilización de los animales.

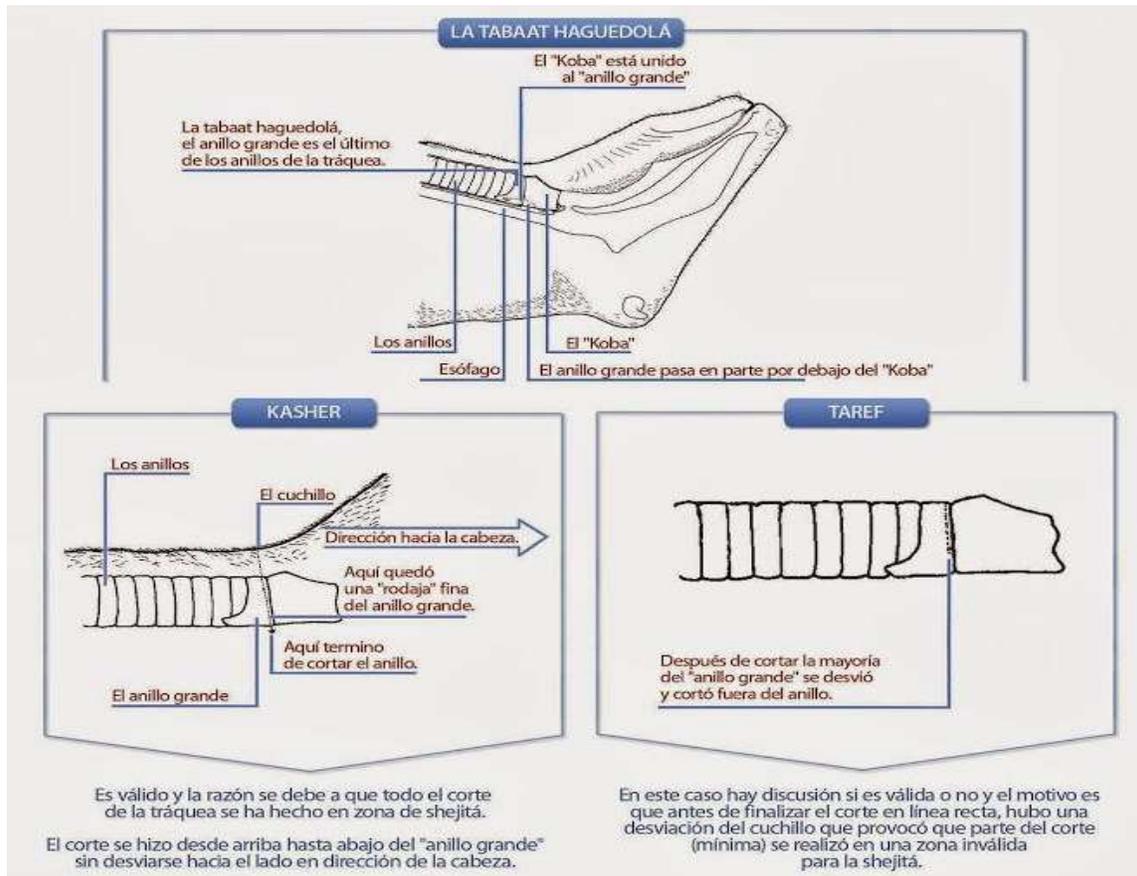
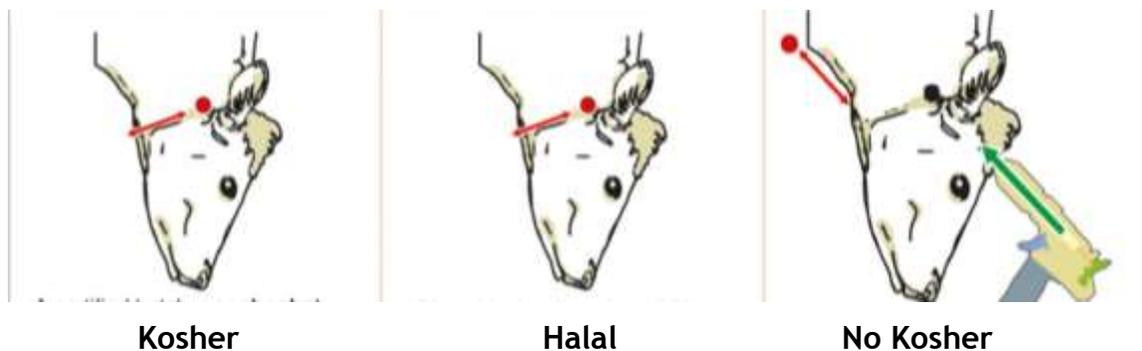


Figura 10. Esquema que especifica el lugar adecuado para realizar el corte de degüello en reses en el sistema Kosher y muestra cómo se puede convertir en prohibido ó Teref¹⁷

Ahora bien, la planta procesadora Kosher o Halal con el resto de los procesos ante estas cuestiones religiosas se ajusta de manera de cumplir con el resto de las disposiciones y reglamentos sanitarios de cada país, en los que se encuentran ya estos sistemas autorizados. Por lo que la planta requiere garantizar la inocuidad y sanidad del proceso, por lo que posterior a que el rabino realice cualquier operación preparatoria previo a la

movilización de los animales dentro del cajón de inmovilización (lavado del cuchillo, lavado del sujetador de cabeza, etc). Durante el tiempo en el que el animal se esté moviendo dentro del cajón, las distracciones deben ser minimizadas. Así también, durante la carga de los animales, el rabino necesita estar en una posición donde no sea visible para el animal, para prevenir el obstáculo de la labor. Posterior que el animal es situado en el cajón, el operador del cajón debe ajustar al animal para "presentarlo" al rabino. Durante el ajuste, el rabino debe moverse lentamente o minimizar sus movimientos, de nuevo, para mantener al animal calmado y prevenir su excitación. Hay que recordar que por movimientos del cuerpo o del cuchillo mientras el animal es llevado al cajón, el rabino puede causar distracciones que conlleven a que el animal no ingresé al mismo. Esto asusta al animal y puede provocarle tensión y disminución del flujo sanguíneo durante el proceso de sacrificio. Una vez que el animal es adecuadamente ubicado, el rabino necesita realizar el lavado del cuello y el corte. Movimientos deliberados (no bruscos o rápidos), pueden disminuir la agitación del animal, durante la fase de la operación. Con un trabajo complementario, la planta y el rabino pueden asegurar que el proceso de sacrificio ritual sea efectivo y que los animales sean tratados humanitariamente a lo largo del proceso. Una buena manera de medir la efectividad del programa, es medir las vocalizaciones de los animales en el área de sujeción. El objetivo para el proceso Kosher es 5% o menos. Si se obtiene más de un 5% de vocalizaciones, esto puede indicar que existen razones para pensar que el animal está sufriendo estrés.

Figura 11. Diferencias entre sacrificio Kosher, Halal y no kosher en bovinos¹⁸



Partes comestibles para los judíos y musulmanes

Según su religión, los judíos sólo pueden comer las partes delanteras de la canal de la res y ternera, el resto de la canal es vendido a los compradores no judíos y que se describen en el Torá.



Figura 12. Partes de los bovinos permitidas para consumo en el sistema Kosher¹⁹

La inspección sanitaria en el sistema TIF establece el decomiso parcial o total de la canal o vísceras cuando estas muestran alguna patología o daño, que puede ser causa de enfermedad o mal aspecto para el consumidor. Para el sistema Kosher, existen 16 aspectos que deben ser considerados para ser prohibidos o Taref. Por el rabino que inspecciona la canal y los órganos. Sin embargo, para el Halal, no existe un procedimiento post mortem, que realice una verificación de las canales¹⁰.

A continuación se muestra las partes de revisión de la res en el sistema Kosher, lo cual es revisado de manera minuciosa por el rabino y que permitirá o rechazará el producto o canal para consumo judío. De igual manera esta canal puede ser aceptada siempre y cuando sea sacrificado en nombre de Alá en una bendición hecha por el sacerdote o rabino.

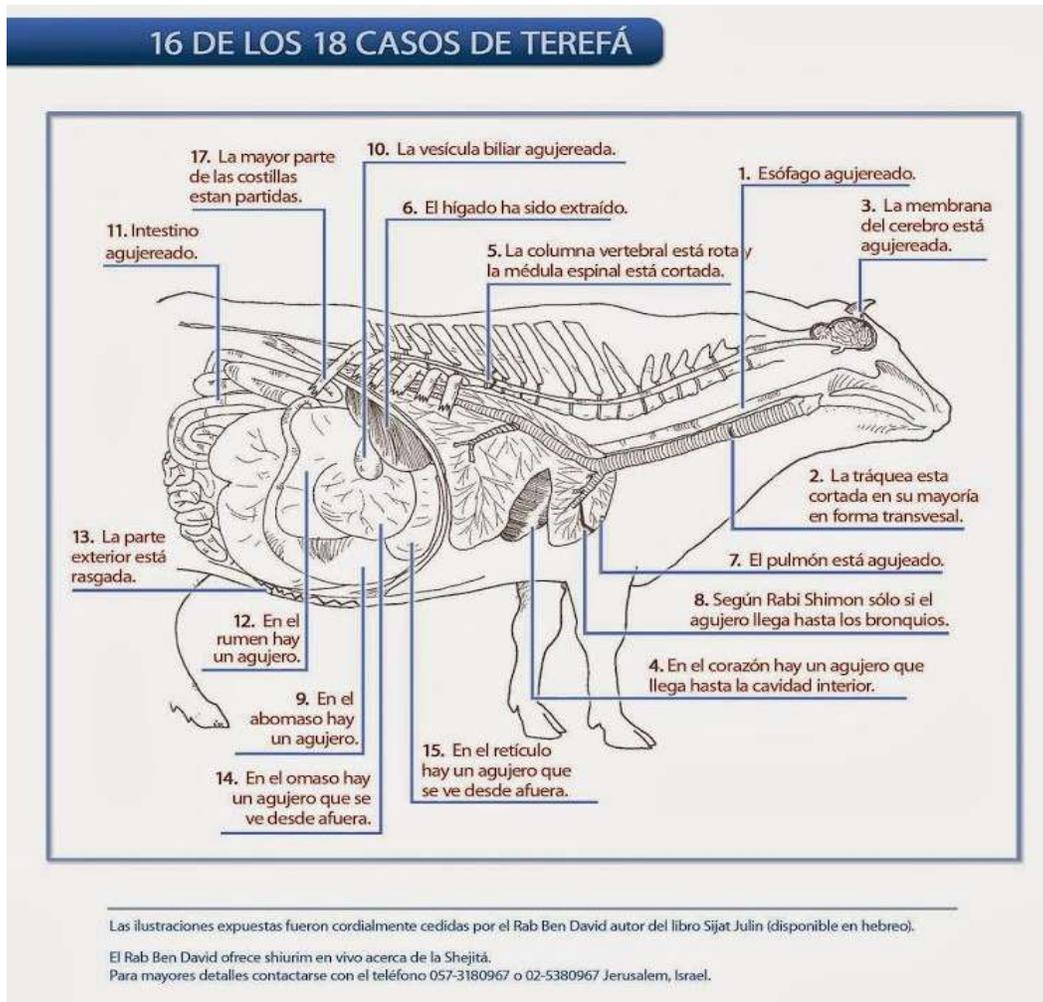


Figura 13. Inspección de vísceras de bovinos sacrificados (kosher) y partes prohibidas (shojet) por lesiones en órganos¹⁷

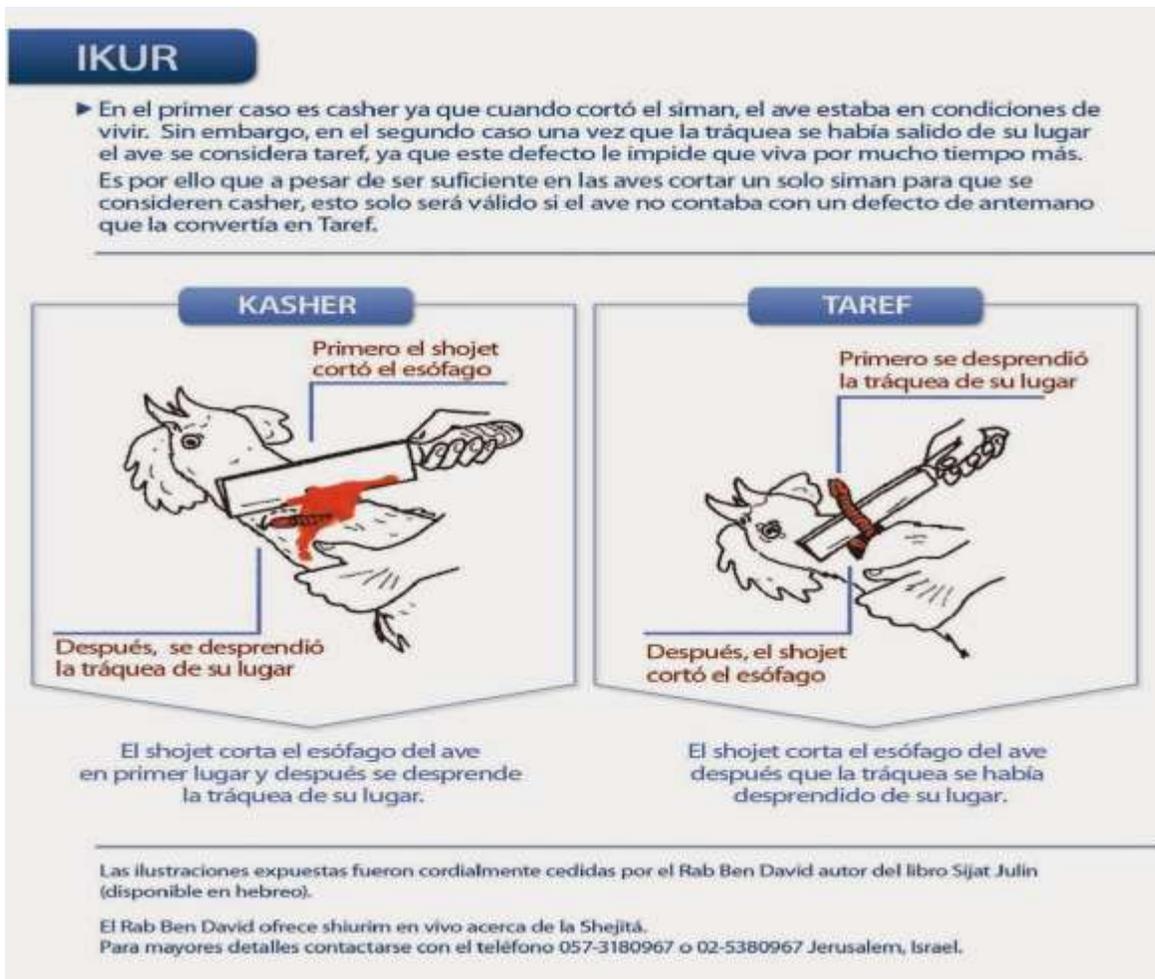


Figura 14. Sacrificio de aves de manera permitida (kosher) y de manera prohibida (shojjet)¹⁷

Similitudes y diferencias en el sacrificio de animales Kosher y Halal

Para comprender un poco más, sobre la influencia de la religión, se realiza una breve descripción de los puntos importantes en cuanto a las similitudes y diferencias en sacrificio de los animales en ambos sistemas para los judíos y los musulmanes, que son tal vez, para nosotros poco notorias, debido a la evidente crueldad que se manifiesta al momento del sacrificio, sin embargo, para estos grupos es de suma importancia y a continuación se describen de manera general lo que ambas religiones requieren para el cumplimiento de su preceptos de fe¹⁰:

1) El animal debe estar vivo cuando es sacrificado (de ahí impresionantes u otros procedimientos para hacer que el inconsciente de los animales deben ser evitadas).

2) El animal debe ser matado con un cuchillo afilado (por lo tanto, un golpe en la cabeza haría que el animal fuera treif ó Haram).

3) El cuchillo debe cortar las arterias del cuello del animal: en particular, la tráquea, el esófago, arterias y venas yugulares y carótida deben ser cortadas, dejando la médula espinal intacta.

4) La sangre debe ser drenada.

5) Debe haber un mínimo daño al animal - se requiere una muerte indoloro y rápido.

Aunque esta última parte se encuentra en discusión, debida a la crueldad en la que se presenta para las Normas Oficiales Mexicanas ZOO-033, existen estudios que de manera técnica explican que no existe el sufrimiento con el sistema Judío y musulmán. Lo cual, aunque culturalmente es normal para estos grupos y aunado a las limitaciones religiosas, esto puede justificarlo ante sus ojos y no para los que procuramos el bienestar animal y nos dedicamos al estudio y cuidado animal en México.

Diferencias menores

Ahora bien, existen algunas pequeñas diferencias entre los requisitos de las dos religiones. Estas diferencias serían generalmente insignificantes e irrelevantes para los musulmanes, pero no para los judíos observantes. En primer lugar, la ley judía requiere un tipo específico de persona llamada Shochet (rabino matancero). Normalmente, el Shochet es un varón observador judío entrenado en la práctica de la preparación y matanza de los animales. Para la ley islámica, se permite que cualquier hombre o mujer cristiana, musulmana o judía pueda observar el procedimiento y sacrificar a los animales de manera adecuada al Islam. Por lo tanto, es principalmente por esta razón que un animal dhabīḥa (sacrificado con ritual árabe) nunca puede ser kosher para los judíos porque la matanza se realizó por un musulmán.

Por otra parte, la perfección de la hoja del cuchillo - la ley judía requiere una inspección visual y física. La ley islámica sólo requiere un cuchillo afilado, aunque existan

algunas imperfecciones (por ejemplo, abrasiones menores y rasguños serían permisibles en el Islam). Así también, la ley judía requiere un movimiento continuo para un sacrificio (moviendo el cuchillo de un lado a otro se permitiría), mientras que la ley islámica preferiría un solo golpe, pero el sacrificio no se invalida si el matarife rápidamente corrige. Por lo tanto, en la ley judía, el cuchillo debe ser por lo menos dos veces al tamaño del cuello del animal, y perfectamente recto, mientras que no existe tal obligación en el Islam.

Para la ley judía, se prohíbe un animal aturdido pues sería *Treif* (prohibido); la ley islámica no está unificada en este punto, ya que la mayoría lo considera *makruh* (repulsivo), siempre y cuando el animal este vivo y tenga pulso, el sacrificio sería considerado *Halal*¹⁰.

En función de la (*madhab*) legislación islámica, el número de cortes en el cuello animal podría ser menor (sin embargo, un corte perfecto en ambas religiones significa que se requeriría cortar el esófago, la tráquea, las arterias y yugular). Si bien la desconexión de la columna vertebral está prohibido en ambas leyes, en la ley judía esto hace al animal *treif* (incorrecta preparación), mientras que de acuerdo con la opinión de la mayoría en la ley islámica, esto es *makruh* (repulsivo), pero no hace prohibido a los animales para consumo o *Harams*. Para la ley judía se requiere una inspección visual de los pulmones y algunos otros órganos internos del animal después de sacrificio. Los defectos específicos asociados a estos órganos hace que el animal sea prohibido, mientras que la ausencia total de cualquier imperfección (es decir, los pulmones libres de adhesión) hace que el animal un mayor nivel de *kosher*, llamado *Glatt Kosher*. Si no se alcanzó un nivel de perfección, pero el procedimiento fue continuado, la carne no sería más que *kosher*. Y algún tipo de defectos sería, de hecho, hacer que prohibido al animal, incluso después de sacrificio adecuada. No hay un equivalente a un examen *post-mortem* en la ley islámica.

Así mismo, la sangre del animal se debe permitir que fluya hacia la tierra (o en el suelo) en la ley judía (por ejemplo, no debe ser recogida en un recipiente), mientras que no existe tal prohibición en la ley islámica. En la práctica, la mayoría de los musulmanes sacrifican y derraman la sangre en el suelo también. La ley islámica alienta, pero no requiere, que el animal se enfrenta a la *qiblah* (orientación a la Meca). Dado que este no es un requisito del Islam y es irrelevante para certificar si es *kosher* o *halal*¹⁰.

La ley establece que el Shochet debe bendecir verbalmente el acto del sacrificio con una bendición específica: *"Bendito seas, Adonai [Di-s], nuestro Dios, Señor del Mundo, Quien nos santificó mediante Sus mandamientos y nos instruyó en relación sacrificio de animales adecuada"*. Por tanto la carne Kosher puede ser Halal dependerá del grupo religioso que sigue la tasmiya (cumplimiento religioso). Entonces, en teoría, un Shochet podría sacrificar algunas vacas, y tal vez incluso hasta cien pollos, con una sola bendición. Para la minoría que no requiere apegarse a la religión, este problema no sería relevante, y por lo tanto la carne kosher también sería Halal. Pero, para aquellos con posiciones más estrictas en la religión que requieren un tasmiya (cumplimiento religioso) específica para cada animal, la carne kosher no sería Halal a menos que a ciencia cierta, la bendición se le dé a cada animal.

- Todos los alimentos kosher son permisibles siempre y cuando 1) ninguna cantidad significativa de alcohol está presente, y 2) cualquier gelatina es de bovinos sacrificados kosher o fuentes no animales. Si el alcohol se utiliza ya sea para el gusto o en cantidades embriagantes, la comida preparada sería Haram; y cualquier gelatina procedente de animales no sacrificados con tasmiya también Haram.

¿Es Kosher y Halal promotores de bienestar animal?

Algunos trabajos de investigación realizados para justificar o no el sufrimiento de los animales sacrificados con estos sistemas de faenado sin insensibilización previa al desangrado en comparación con el sistema de matanza tradicional utilizado como lo es, los rastros del sistema TIF en México, intentan justificar sin muchos elementos su realización. Debido a esto, el sistema Kosher que se muestra el más estricto de los sistemas religiosos por sus requerimientos de animales vivos al momento del sacrificio, lo cual, para los musulmanes en su mayoría si acepta la insensibilización de los animales, previo al degüello o inmediatamente posterior a este. Pero algunos grupos más radicales, no están muy convencidos de esta excepción⁶. Aun así, el tiempo de desangrado en trabajos realizados en ovinos, mostró que la pérdida de la respuesta cerebral depende del corte que se realiza. Si se corta una o ambas carótidas y yugular puede variar en 14 segundos, así mismo, si se corta solo la yugular el tiempo se prolonga 298 segundos⁴, pero esto no evita que al

momento de cortar el animal no sienta o sufra dolor, debido a que además los animales deben ser volteado en decúbito lateral o bien invertido sobre su lomo, lo cual de por sí, es causante de mayor cantidad de estrés y sufrimiento. Si el proceso es bien realizado, este dolor será breve, de lo contrario el sufrimiento y estrés serán prolongados². Algunos centros de sacrificio utilizan los cajones de sacrificio con sujetadores y otros son giratorios, lo cual provoca una inseguridad y por tanto estrés en los animales, lo que provoca que vocalicen, sin embargo, existe el 5% de animales vocalizando y esto es considerado normal. Provocando liberación de cortisol y angustia en los animales, aunado a esto se realiza el corte de arterias, venas, tráquea y esófago provocando mayor malestar a los animales³.

En trabajos realizados por Agbeniga y Webb¹, demostraron que el sacrificio de animales con insensibilización y con el sistema Kosher (sin insensibilización), evaluaron indicios de sufrimiento a través de la evaluación de broncoaspiración de sangre y salpicado de sangre en pulmones posteriores al degüello de animales en ambos sistemas de matanza. De 141 animales sacrificados con insensibilización o de manera tradicional, se observaron 97% de los animales sin sangre en tráquea, esófago y sin salpicaduras en pulmones, de los cuales solo 3% de las evidencias de sufrimiento se encontró el 10% de sangre filtrada en tráquea. Sin embargo, en el sistema Kosher, de 170 animales el 93% de estos mostraron filtrado de sangre en tráquea, esófago y 65% mostraron salpicaduras en pulmón. De igual manera se ha encontrado este mismo problema en reses y aves⁵.

Conclusiones

Aunque después de realizar el análisis de las diferencias entre los sistemas de matanza TIF del sacrificio kosher y Halal, se puede entender que la norma oficial mexicana ZOO-033 no se cumple, por tanto, los argumentos establecidos por algunas religiones como la Judía o musulmán, donde justifican el corte indoloro, el cual se desconoce si exista, por más filosos que sea el cuchillo, no garantiza el proceso del bienestar animal.

El mercado mundial de productos Kosher es creciente y equivale a millones de dólares, sin embargo, México puede participar con otros productos no cárnicos en estos mercados, como serían la panificación, lácteos y frutas o verduras. Con lo cual, es relativamente sencillo darle cumplimiento a las necesidades kosher.

El sistema kosher - Halal, cumple con los estándares internacionales de manejo inocuo y de calidad en los alimentos, debido al alto grado de exigencia de este mercado específico, al igual que los requerimientos del TIF, o sistemas de calidad como el HACCP o ISO en la gestión de calidad y la certificación México calidad suprema. Cada vez es mucho más común ver establecimientos con modelos de calidad y no se justifica la adopción de certificados con sistemas provenientes de otros países.

Referencias:

1. Agbeniga, B. y Webb, E.C. 2012. Effect of slaughter technique on bleed-out, blood in the trachea and blood splash in the lungs of cattle. *South African Journal of Animal Science*. 42(5): 524-529.
2. Dunn, C.S. 1990. Stress reaction of cattle undergoing ritual slaughter using two methods of restraint. *Veterinary Record*. 126:522-525.
3. Grandin, T. y Regenstein, J.M. 1994. *Religious Slaughter and Animal Welfare: A Discussion for Meat Scientists*. Meat Focus International. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K. Pp: 115-123.
4. Gregory, N.G. y Wotton, S.B. 1984. Time to loss of brain responsiveness following exsanguination in calves. *Research in Anim. Veterinary Science*. 37:141-143.
5. Gregory, N.G., von Wenzlawowicz, M., Alam, R.M., Anil, H.M., Yeşildere, T. y Silva-Fletcher, A. 2008. False aneurysms in carotid arteries of cattle and water buffalo during shechita and halal slaughter. *Meat Science*. 79(2): 285-288.
6. Forouk, M.M. 2013. Advances in the industrial production of halal and kosher red meat. *Meat Science*. 95(4): 805-20.
7. Fonseca, E. 2014. ¿Kosher o Halal? Global Estándar Certificación. GlobalSTD. En línea: http://www.globalstd.com/~global74/index.php?option=com_k2&view=item&id=2927:kosher-o-halal&Itemid=116.
8. Levinger, I.M. 1995. Shechita in the light of the year 2000. Critical view of the scientific aspects of methods of slaughter and Shechita. Maskil, L., David: Jerusalem, Isreal.
9. OIE. 2014. Organización mundial de salud animal. Reglamento Sanitario para los Animales Terrestres. En línea: http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_slaughter.htm
10. Qadhi, Y. 2012. Is Kosher Meat Halāl? A Comparison of the Halakhic and Sharī Requirements for Animal Slaughter. *Muslimmatters.org*. En línea: <http://muslimmatters.org/2012/06/22/is-kosher-meat-%e1%b8%a5alal-a-comparison-of-the-halakhic-and-shar%ca%bf-requirements-for-animal-slaughter/>
11. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQt6VbwKrmQkludorVbwFXfwbSQGzR4CeSX0yYcqE7ajji6yKsjcw>
12. <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQilqjWhEj10Zg2RJyGWFBJdrK5oYDpAYuva2rn52dTKYHD--Nw>
13. https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRHMW7o0GQoVT-YwVs2UvxWkO4A5hwaPWL5wOJBKwAoQ_xfRCbt1A

14. An Ultra Orthodox Jewish man slaughter a chicken in a slaughterhouse as Ultra-Orthodox Jews perform the Kaparot ceremony on September 9, 2013 in Jerusalem, Israel. (Photo: Yonatan Sindel/Flash90). En línea: <http://www.breakingisraelnews.com/11021/kosher-slaughter-attack-banned-denmark/#Sft8WLegBF3IK5Wi.99>
15. <http://www.polishforums.com/news/government-allow-kosher-halal-methods-animal-65811/>
16. http://www.infoagroisp.com/infocarne/noticias/2010/6/images/2830_halal_hand_closeup.jpg
17. <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHJxfxGMUCr1Do4VDGWxYD86yJnN02iO-1gBpPRDeTSAqYSL5R>
18. <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRDTquvqJLWkehr9kAxgwIHNRoz9dG98Jvez6MeYqWV5dWSCwPZ>
19. <http://2.bp.blogspot.com/-tKmUxOTCEOQ/UAwWgsqWhjI/AAAAAAAAAIk/TNnKOWPvpPs/s320/Carne.png>

CAPÍTULO 4

EXPERIENCIA EN EL CONTROL DE CLEMBUTEROL BIOÉTICA E INOCUIDAD

Francisco Javier González López

Bioética y ética médica

El término “bioética” fue utilizado por primera vez por V. R. Potter hace poco más de treinta años⁷. Con este término aludía Potter a los problemas que el desarrollo de la tecnología plantea a un mundo en plena crisis de valores. Urgía así a superar la actual ruptura entre la Ciencia y la Tecnología de una parte y las Humanidades de otra. Ésta fisura hunde sus raíces en la asimetría existente entre el enorme desarrollo tecnológico actual que otorga al hombre el poder de manipular la intimidad del ser humano y alterar el medio, y la ausencia de un aumento correlativo en su sentido de responsabilidad por el que habría de obligarse a sí mismo a orientar este nuevo poder en beneficio del propio hombre y de su entorno natural. La bioética surge por tanto como un intento de establecer un puente entre ciencia experimental y humanidades. De la Encyclopaedia of Bioethics: “*estudio sistemático de la conducta humana en el ámbito de las ciencias de la vida y de la salud, analizada a la luz de los valores y principios morales*”⁸.

El Clenbuterol (Clenbuterol en inglés) es un fármaco comúnmente empleado en enfermedades respiratorias como descongestionante y broncodilatador. En personas que padecen de desórdenes respiratorios como asma se emplea como broncodilatador para facilitarles la respiración. Se le encuentra comúnmente como hidrocloreuro de clenbuterol¹.

Historia

En 1965, se demostró que animales alimentados con clenbuterol, aumentaban la masa muscular y disminuían el tejido graso, junto con aminorar la ingesta oral⁹. Estos efectos son similares a los producidos por otros beta-adrenérgicos como el climaterol, ractopamina o salbutamol. El clenbuterol tiene un polémico estado legal como

medicamento en varios países. Debido a estudios contradictorios respecto a sus efectos a largo plazo y su posible relación con problemas cardíacos, el clenbuterol ha sido prohibido para uso humano y restringido a un uso en animales en varios países, mientras es permitido en otros y utilizado para tratar el asma y problemas respiratorios. Es también considerado una sustancia dopante por varios organismos deportivos a nivel mundial.

Descripción

Es un fenilaminoetanol con propiedades adrenérgicas. Es un simpaticomimético con propiedades selectivas B₂ estimulantes y con un mínimo efecto B₁ o alfa⁴.

Uso clínico

El clenbuterol es usado para tratar enfermedades de tipo asmático en humanos, pero ciertos países no aprueban su uso, como por ejemplo EE. UU. y el Reino Unido, esto es debido en parte a que posee una vida media muy larga (35 horas en algunos casos), lo que provoca problemas a la hora de ajustar las dosis. Por tanto es un fármaco que no goza de mucha popularidad en tratamientos médicos, siendo más efectivos otros Beta adrenérgicos como la Terbutalina o el Salbutamol, que poseen vida media más corta. México es uno de los países donde el clenbuterol (bajo el nombre de genérico de clenbuterol) se vende en forma aislada o combinada con un mucolítico.

Farmacocinética en humanos

El Clenbuterol se absorbe rápidamente por vía oral, con una vida media de una hora, la eliminación ocurre principalmente por vía renal.

Combinaciones en México

La Secretaría de Salud ha permitido la combinación de Ambroxol más clenbuterol en ciertas preparaciones destinadas a eliminar flema a la vez que permitir broncodilatación. Se vende en las formas farmacéuticas de solución o tabletas.

Indicaciones para su uso en humanos y perros corresponde a:

- Asma bronquial
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Actualmente, no hay ninguna guía clínica que apoye su uso en humanos, sin embargo el Clenbuterol está de alguna forma prohibido en deportistas de alto rendimiento.

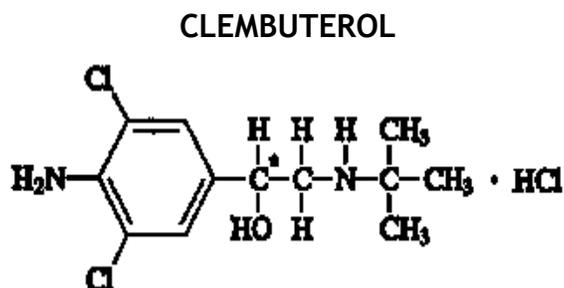
Efectos adversos

Los efectos adversos corresponden a los de cualquier agonista adrenérgico:

- Taquicardia
- Libido
- Hipocalcemia
- Hipofosfatemia
- Hipomagnesemia
- Palpitaciones
- Incremento de la presión sanguínea
- Aumento de la sudoración
- Dolor de cabeza
- Náuseas
- Nerviosismo
- Inquietud
- Temblores
- Vómitos
- Dolor de pecho
- Boca seca
- Calambres musculares
- Regulación a la baja de los niveles de temperatura corporal
- Regulador de la presión arterial

Uso en veterinaria

El clenbuterol es empleado mundialmente en el tratamiento de alergias de caballos como broncodilatador. El nombre comercial comúnmente empleado es Ventipulmin. Puede ser administrado por vía oral o intravenosa. Su propiedad de ganar peso, hace que su empleo sea ilegal en la ganadería, es decir, es un anabolizante que hace engordar en forma artificial el ganado⁶. Los residuos de Clenbuterol pueden afectar las funciones de pulmones y corazón en seres humanos, que ingieren carne o hígado de animales, a los que les ha sido administrado clenbuterol¹⁰. Esto debido a que la ingesta de carne contaminada puede fácilmente exceder las dosis médicas habituales para seres humanos, que rondan los 40 o 60 microgramos al día, y que nunca deben exceder de 150 microgramos⁹.



El clenbuterol constituye un miembro de las denominadas fenetanolaminas, medicamentos que, como grupo, requieren la presencia de un anillo aromático con un grupo hidroxilo en la posición b del grupo alifático para mostrar actividad. La presencia del grupo nitrogenado y la sustitución de R por un grupo voluminoso, a menudo cíclico, no alifático, hace más específica a la molécula por los receptores b-adrenérgicos como en el caso de la dobutamina.

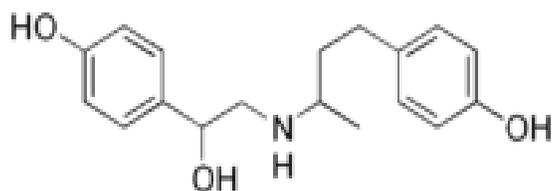
Asimismo, las diferentes sustituciones propician a distintas características farmacocinéticas; a su vez, las diferentes capacidades de distribución y permanencia en el organismo determinan la magnitud del efecto del agonista b-AR y la persistencia de residuos en los tejidos animales. Por ejemplo, el efecto broncodilatador del clenbuterol es mucho más potente que el del salbutamol, pero este último tiene poca actividad cardiovascular, por ello es preferido para el tratamiento de condiciones asmáticas en el

hombre. Para los agonistas b-AR, las sustituciones en el anillo aromático son importantes para obtener una actividad biológica definida^{2,3}.

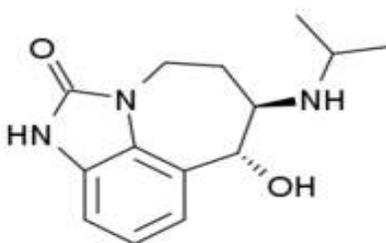
En contraparte, la ractopamina, el salmeterol y el salbutamol no son sustratos para la COMT, (enzimas que degradan las catecolaminas) y sólo son biotransformados por glucuronidación hepática. Cuando los OH- son sustituidos por un halógeno como en el caso del clenbuterol (cloro), se evita la biotransformación por las enzimas COMT a nivel tisular y se hace lenta la biotransformación hepática. Al mismo tiempo, la presencia del cloro en el clenbuterol lo hace más liposoluble que sus análogos y, por ende, tiende a difundir más profundamente en los tejidos y la grasa animal. Sin embargo, es necesario aclarar que todos los derivados b-AR mencionados serían más liposolubles de no ser porque la amina que todos tienen se encuentra protonada a pH fisiológico o menor, como el del estómago. En bovinos el clenbuterol induce a dosis bajas, consideradas como promotoras del rendimiento productivo: aumento de la presión sanguínea, incremento transitorio de la frecuencia cardíaca durante 24 horas aproximadamente, incremento de la tasa metabólica, se ha informado que aumenta la tasa de cojeras.

Este problema no se hace extensivo a los otros b -agonistas que tienen autorizada su venta (ractopamina, zilpaterol) debido a que su potencia broncodilatadora, vaso o cardioactiva, es mucho menor que la del clenbuterol y aun que la del salbutamol. Por ejemplo, la actividad cardioestimuladora del clenbuterol es aproximadamente 2,000 veces superior a la del zilpaterol. Es entonces evidente que el uso del clenbuterol conlleva peligros si no se respetan largos períodos de retiro (más de 30 días), en particular si se utilizan dosis excesivas de este agente con el ánimo de incrementar ganancias o por mal manejo del principio activo en premezclas mal diseñadas farmacéuticamente, pero este criterio no es aplicable al zilpaterol ni a la ractopamina.

RACTOPAMINA



ZILPATEROL



El uso ilegal de clenbuterol no es exclusivo del estado de Guanajuato. El problema se presenta en todos los estados del centro de la República así como también se ha presentado en otros países como España, Portugal, Francia e Italia, con lo que se han hecho infinidad de publicaciones a partir de los noventas. Pero en el 2002, se hace una revisión en el Departamento de Fisiología y Farmacología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM¹¹.

Marco Legal en el Rastro Municipal de Irapuato

Las leyes, normas y reglamentos que nos rigen son las siguientes:

1. Ley Federal de Sanidad Animal publicada el 25 de julio del 2007 y revisada el 7 de junio del 2012.
2. Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Animal texto vigente a partir del 21 de mayo del 2012.
3. NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales para abasto y los dedicados a la industrialización de productos y subproductos de origen animal

4. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.
5. NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos
6. Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, la cual establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene a aplicar en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios que están destinados a los consumidores en el territorio nacional.

Las siguientes normas son las que nos ocupan para este trabajo.

De acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-061-ZOO-1999 especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal, queda prohibido el uso de los siguientes ingredientes activos y/o aditivos alimenticios en la formulación de productos alimenticios destinados para consumo por animales:

- a) Cloranfenicol en su modalidad de preventivo o terapéutico.
- b) Cristal violeta como fungicida en materias primas y producto terminado.
- c) Cumarina en saborizantes artificiales.
- d) Pigmentos sintéticos del grupo de los sudanes.
- e) Clembuterol.
- f) Así como de todos aquellos ingredientes y/o aditivos alimenticios que comprobadamente puedan ser nocivos para la salud pública o representen riesgo zoosanitario, y que no cuenten con el soporte técnico correspondiente para su empleo en la nutrición de los animales.

Sanciones

El incumplimiento a las disposiciones contenidas en esta Norma se sancionará conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Al que sin autorización de las autoridades zoosanitarias competentes o contraviniendo los términos en que ésta haya sido concedida, importe, posea, transporte, almacene, comercialice o en general realice actos con cualquier sustancia cuyo uso esté prohibido para alimentación de animales en las disposiciones de

sanidad animal o de buenas prácticas pecuarias emitidas por la Secretaría, se le impondrá una pena de cuatro a ocho años de prisión y multa de quinientos hasta tres mil veces el salario mínimo vigente en la zona económica en que se llevó a cabo el hecho y en caso de reincidencia se duplicará la pena y la multa, siempre y cuando esos actos sean con la finalidad de adicionarlas a los alimentos o bebidas de animales cuyos productos o subproductos estén destinados al consumo humano.

NOM-EM-015-ZOO-2002 NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA, ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL CONTROL DEL USO DE BETA-AGONISTAS EN LOS ANIMALES

Disposiciones generales

Con excepción de aquellos productos beta-agonistas que cuenten con el registro y autorización de la Secretaría para su uso o consumo por animales, queda prohibida la producción, manufactura, fabricación, elaboración, preparación, acondicionamiento, transportación, tráfico, comercialización, importación, suministro y/o utilización de los siguientes principios activos como ingredientes activos, aditivos, alimenticios y/o medicamentos en formulación de productos alimenticios destinados para consumo y uso en animales, tales como:

- Bromobuterol
- Carbuterol
- Cimaterol
- Cimbuterol
- Clembuterol
- Fenoterol
- Isoproterenol
- Mabuterolde
- Mapenterol
- Orciprenaline
- Pirbuterol

- Ractopamina
- Salbutamol
- Terbutaline
- Zilpaterol

La lista anterior tiene una finalidad enunciativa mas no limitativa e incluye a cualquier beta-agonista conocido o de nueva creación.

El caso del Rastro Municipal de Irapuato, Guanajuato

El 13 de marzo del 2014, se presenta en el rastro de Irapuato, Guanajuato, personal de la Secretaria de Salud y se toman muestras de hígado de 31 bovinos. Resultando positivos a clenbuterol treinta de estos bovinos. El día 14 de marzo del 2014, se presenta personal de la Secretaria de Salud para la aplicación de la medida de seguridad consistente en la suspensión de trabajos o servicios total o temporal de la línea de bovinos del rastro municipal de Irapuato, con fundamento en los artículos 404 fracción VII, 412 de la Ley General de Salud.

En atención al oficio de la suspensión de actividades se presentó un escrito para ejercer el derecho de audiencia y ofrecimiento de pruebas de conformidad con el artículo 432 de la ley de salud, manifestando lo siguiente:

- El representante del municipio manifiesta una enérgica protesta por cierre de la línea de sacrificio de bovinos en virtud de que no hay justificación legal ni material que procediera la clausura parcial en la línea de bovinos del rastro propiedad de este ayuntamiento, ya que al momento de presentarse el personal de su dirección en el rastro municipal, no se apega a los supuestos que marca el artículo 425 de la ley general de salud y que para pronta referencia se transcribe:

Artículo 425.- Procederá la clausura temporal o definitiva, parcial o total según la gravedad de infracción y las características de la actividad o establecimiento, en los siguientes casos:

- I.- Cuando los establecimientos a que se refiere el artículo 373 de esta ley, carezcan de la correspondiente licencia sanitaria.
- II.- Cuando el peligro para la salud de la personas se origine por la violación reiterada de los preceptos de esta ley y de las disposiciones que de ella emanen, constituyendo rebeldía a cumplir los requerimientos y disposiciones de la autoridad sanitaria.
- III.- Cuando después de la reapertura de un establecimiento, local, fábrica, construcción o edificio, por motivo de suspensión de trabajos o actividades, o clausura temporal, las actividades que en él se realicen sigan constituyendo un peligro para la salud.
- IV.- Cuando la peligrosidad de las actividades que se realicen o por la naturaleza del establecimiento, local, fábrica, construcción o edificio de que se trate, sea necesario proteger la salud de la población.
- V.- Cuando en el establecimiento se vendan o suministren estupefacientes sin cumplir con los requisitos que señalen esta ley y sus reglamentos.
- VI.- Cuando en un establecimiento se vendan o suministren sustancias psicotrópicas sin cumplir con los requisitos que señale esta ley y sus reglamentos.
- VII.- Cuando se compruebe que las actividades que se realicen en un establecimiento violan las disposiciones sanitarias, constituyendo un peligro grave para la salud.
- VIII.- Por reincidencia en tercera ocasión.

Esta clausura arbitraria afecta el servicio público por una indebida y equivocada aplicación de la ley de la materia, así como de las normas oficiales mexicanas aplicables para ello, basta citar el procedimiento establecido en la norma oficial mexicana NOM-EM-015-zoo-2002 Especificaciones técnicas para el control de uso de beta-agonistas en los animales, que a letra establece lo siguiente:

Verificación de rastros

Todo establecimiento de sacrificio de animales estará sujeto a muestreo aleatorio ante y pos mortem, mediante lo siguiente:

- a) Durante el desarrollo de la visita que se refiere el siguiente punto, el Médico Verificador debe recabar y hacer constar los siguientes datos: identificación de los

animales, nombre y ubicación de la explotación pecuaria de origen y nombre del propietario de la explotación pecuaria de origen. La información señalada debe asentarse en el acta circunstanciada correspondiente.

- b) Se debe llevar el muestreo por lote, considerando el número de animales sacrificados por mes en el rastro.
- c) Las muestras a tomar durante el examen ante mortem de los animales deben ser de pelo, lana o pluma.
- d) Las muestras pos mortem se deben tomar de globo ocular, hígado o músculo.

Obtención de las muestras

Los procedimientos de la colecta, empaque, registro de datos, documentación requerida y envío de casos al laboratorio oficial o designado, será responsabilidad directa del médico verificador. Se debe evitar contaminación y cambios en la composición y características físicas de las muestras por lo que es importante llevar a cabo un manejo adecuado de las mismas de acuerdo al “Apéndice A” (Normativo).

En animales vivos y sacrificados las muestras se deben tomar por duplicado de acuerdo la siguiente tabla:

Tabla 1. Tipos y cantidad de muestra a recolectar en rastro.

Tipo de Animal	Tipos de muestra	Cantidad
Animales vivos	Pelo, lana o pluma	2 g aprox.
Animales sacrificados		
Bovinos, ovinos, caprinos y porcinos	Hígado, globo ocular, músculo	200 g aprox. (uno)
Aves	Ave completa	

Al visitado se le entregara un tanto de las muestras colectadas y empacadas en forma tal que no sea posible su violación sin dejar huella, similar a las muestras enviadas al

laboratorio oficial o designado, de acuerdo a las indicaciones señaladas en el “Apéndice A” (Normativo).

- a) El medico verificador debe contar con un registro de las muestras remitidas al laboratorio oficial o designado.
- b) EL laboratorio oficial o designado cumpliendo con las disposiciones legales establecidas de enviar los resultados del análisis a la Delegación de donde proceda la muestra.

En los casos en los que se detecte la presencia de residuos de beta agonistas, la Delegación debe iniciar el procedimiento administrativo correspondiente y debe aplicar las medidas zoonosanitarias en la explotación pecuaria de origen. Se destaca de la transcripción que antecede, el deber de aplicar las medidas zoonosanitarias en la explotación pecuaria de origen, lo cual obviamente no se refiere al rastro municipal sino en un lenguaje llano, a los corrales de los que aquellas personas que introduzcan animales, presuntamente contaminados, de los expuesto resulta un abuso de autoridad que afecta en la prestación del servicio público del Rastro.

Derivado de lo anterior, personal de esta Dirección General planteo los requisitos a cumplir por parte del rastro, para la reapertura de la línea de sacrificio de bovinos, mismos que a continuación se describen:

- 1) Contar con un padrón de proveedores e introductores de ganado, dicho padrón debe de precisar el domicilio del introductor y propietario engordador, datos cotejados con identificación oficial. Domicilio del rancho y/o predio donde fue alimentado el animal (donde se indique el nombre de la explotación o razón social, municipio, estado o localidad, u otros datos de ubicación.
- 2) Contar con registro diario de los animales que ingresen al establecimiento, en los que indique: fecha, procedencia, total de animales, inspección ante y post mortem, número de lote, introductor y propietario original de los animales, responsable de la engorda por cada lote.

- 3) Establecer un mecanismo del muestreo del 10 % del total de los bovinos que introduzcan diariamente al rastro para sacrificio y faenado y presentar convenio o contrato con el laboratorio tercero autorizado que procesara las muestras.
- 4) Llevar registro o bitácora que identifique al introductor, fecha de muestreo, animales muestreados y reporte del laboratorio, asimismo todo introductor cuya muestra resulte positiva, deberá ser suspendido como proveedor del rastro hasta que cuente con un certificado de proveedor confiable.
- 5) Contar con inscripción al programa Proveedor Confiable de la SAGARPA.

Se le apercibe que continúe la suspensión de trabajos o servicios total temporal de la línea de bovinos del Rastro Municipal de Irapuato, hasta recibir autorización por parte de esta secretaria.

De los requisitos para la apertura de la línea de sacrificio el primer punto contamos con el padrón de introductores, solo se hizo del conocimiento de las asociaciones ganaderas que no se recibirían las guías o certificados zoosanitarios de los animales que no estuvieran bien llenados todas las celdas con los datos fidedignos, que se piden en estos documentos.

- a) En el punto dos se lleva a cabo con el registro diario de todos los animales que ingresan a sacrificio así como su inspección de los animales.
- b) En el punto tres se estableció que se muestrearía el 10 % de animales de cada proveedor, si ingresaba de 1 a 10 animales se la muestreara 1 y, de 11 a 20, 2 animales, y así sucesivamente siempre cumpliendo con el total de matanza que cubra el 10 % del día. Dentro del punto número tres, presentamos una solicitud de colaboración con el Dr. Mario Mendoza Carrillo (profesor investigador de la Universidad de Guanajuato) y se elaboró un convenio con dicha institución, el cual nos capacitó y respaldó como Institución para llevar a cabo la prueba rápida Smarkit Nankai Biotech Co. en el mismo Rastro y fue autorizada por la Secretaria de Salud.
- c) En el punto cuatro se elaboró una bitácora para identificar al introductor, fecha del muestreo, animales muestreados así como los casos positivos donde se da aviso a Secretaria de Presidencia Municipal, Secretaria de Salud para que le den seguimiento

en la denuncia ante la PGR. Así como, también suspender el servicio al que salió positivo hasta que cuente con un certificado de proveedor confiable.

Posteriormente nos condicionaron también a que diéramos cursos a Engordadores e Introdutores de otras alternativas de engorda de ganado y desalentar el uso de Clembuterol. También realizamos cursos a público en general para fomentar la cultura en el consumo de la carne.

Descripción de la prueba rápida SMARK!T The NK Biotech

Detecta residuos de clembuterol en carne con una sensibilidad de 3ug/kg (3ppb) en un tiempo aproximadamente de 15 min.

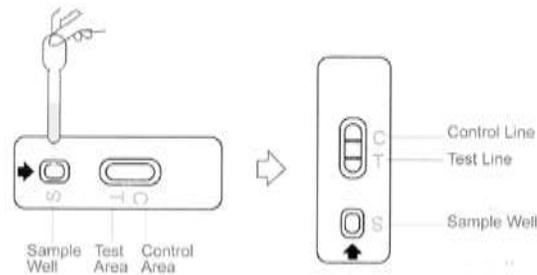
- Principios de la prueba
 - Se utiliza oro monoclonado conjugado con anticuerpos como señal reactiva y una proteína de clembuterol conjugada como un reactivo en fase sólida capturada.
 - Conforme fluye a través de la esponja absorbente de la placa, el líquido reconstituye el oro monoclonado seco conjugado.
 - El clembuterol presente, hará enlace con el anticuerpo conjugado y emigrará hacia las marcas de las líneas de la prueba.

Preparación de la prueba

- Se toman de 3 a 5 gr. de carne se introducen a un tubo de 5 mL. Y se pone en baño maría a 90°C. por 10 min.
- Se transfieren 3 gotas del extracto de la carne a un tubo de 1,5 mL. Y se agregan 3 gotas de sustancia buffer PBST y de mezcla bien.
- Se abre el kit para realizar la prueba
- Se succionan 3 gotas de la mezcla anterior y se vierten en la placa de prueba en la perforación de la S, y se espera un tiempo.
- Después de un tiempo empieza a aparecer unas bandas rojas de 3 a 5 min. Y se pasa interpretarlas de la siguiente manera:

Resultados:

- Es **Negativo**, la presencia de dos líneas de color rojas (T y C), sin importar cual aparezca primero se interpreta cómo negativo
- Es **Positivo**, la presencia de color rojo (C) es visible
- **Inválido**, si la línea de control (C) no se forma, los resultados son inconclusos. Repetir la prueba con una nueva tablilla.



9. READING RESULTS

NEGATIVE:
The Test Line (T) is the same as or darker than the Control Line (C). It is negative.

The diagram shows two vertical test strips. The left strip has a line labeled 'C' and a line labeled 'T' of similar intensity. The right strip is blank.

POSITIVE:
The Test Line (T) is lighter than the Control Line (C), or there is no Test Line. It is positive.

The diagram shows two vertical test strips. The left strip has a line labeled 'C' and a line labeled 'T' that is lighter than the 'C' line. The right strip is blank.

INVALID: Reference Line fails to appear.
Insufficient specimen volume or incorrect procedural techniques are the most likely reasons for an invalid result. Review the procedure and repeat the test with a new test device. Stop using the test kit immediately if the problem is not solved and contact your local distributor.

The diagram shows two vertical test strips. The left strip has a line labeled 'C' and no line labeled 'T'. The right strip is blank.

Figura 1. Lectura de resultados en la prueba rápida SMARK!T The NK Biotech

Tabla 2. Unidades de medida para hacer la referencia que se detecta con el kit de prueba

Prefijo	Número	Exponente	Masa	Volumen	Longitud
<i>mega</i>	1, 000, 000	10 ⁶	megagramo(Mg)	megalitro(Ml)	megámetro (Mm)
<i>kilo</i>	1000	10 ³	kilogramo(kg)	kilolitro(kl)	kilómetro(km)
unidad		1	gramo(g)	litro(l)	metro(m)
<i>deci</i>	0.1	10 ⁻¹	decigramo(dg)	decilitro(dl)	decímetro(dm)
centi	0.01	10 ⁻²	centigramo(cg)	centilitro(cl)	centímetro(cm)
mili	0.001	10 ⁻³	miligramo(mg)	mililitro(ml)	milímetro(mm)
micro	0.000001	10 ⁻⁶	microgramo(μg)	microlitro(μl)	micrómetro(μm)
nano	0.000000001	10 ⁻⁹	nanogramo(ng)	nanolitro(nl)	nanómetro(nm)
pico	0.000000000000 1	10 ⁻¹²	picogramo(pg)	picolitro(pl)	picómetro(pm)

El día 7 de mayo se hizo la reapertura de la línea de sacrificio de bovinos, muestreando el 10% de ingreso de los animales y en la siguiente tabla se enumera el total.

Tabla 3. Pruebas realizadas en el Rastro Municipal de Irapuato, Guanajuato

NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS				
MES	MUESTRAS	ANIMALES	PROMEDIO/DIA	POSITIVOS
may-14	98	756	29	0
jun-14	111	901	34	0
jul-14	98	1039	40	3
ago-14	125	1542	59	1
sep-14	80	1359	52	1
oct-14	77	1392	53	2
nov-14	68	1099	42	0
dic-14	72	1551	59	0
ene-15	66	1298	49	0
feb-15	59	973	37	1
TOTAL	854	11910	45	8

Conclusiones

Independientemente de que si el clenbuterol puede o no afectar la salud pública, es evidente que el uso de un fármaco prohibido por las autoridades de un país, para cualquier fin en la producción pecuaria representa un delito y como tal deberá tipificarse y castigarse. Así como también, todos los acontecimientos sucedidos que si fue o no fue

abuso de autoridad, el resultado final es el beneficio a la población de Irapuato. En cuanto a los animales sacrificados en dicho rastro, estos son libres de clenbuterol. Pero el problema con los introductores que siguen en el afán de usar el clenbuterol y sacrifican en los rastros aledaños al municipio, pero comercializan la carne en Irapuato, la probabilidad de presencia de casos de intoxicación en la ciudad se incrementa al 50%.

Referencias:

1. Clenbuterol, National Library of Medicine. En línea:
http://www.nlm.nih.gov/cgi/mesh/2006/MB_cgi?term=37148-27-9&rn=1
2. Clenbuterol, Norwegian Institute of Public Health. Adrenergics for systemic use. En línea:
http://www.whocc.no/atc_ddd_index/?code=R03CC13
3. Clenbuterol, Norwegian Institute of Public Health. Adrenergics, Inhalants. En línea:
http://www.whocc.no/atc_ddd_index/?code=R03AC14
4. Clenbuterol, Pubchem, Open Chemistry Database. En línea:
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=2783>
5. FAO. (2010). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, Comisión del codex alimentarius. En línea:
www.codexalimentarius.org/input/download/report/734/al33_13s.pdf
6. Hernández, N.L. (2011). Clenbuterol y salud pública en México. En línea:
<http://www.jornada.unam.mx/2011/10/25/politica/021a1pol>
7. Potter, V.R. (1970). Bioethics: the science of survival. *Perspectives in Biology and Medicine*. 14: 127-153.
8. Reich, W.T. (1978). *Encyclopedia of Bioethics*, Nueva York. Pp: 19.
9. Ricks, C.A., Dalrymple, R.H., Baker, P.K., e Ingle, D.L. (1984). Use of β -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. *Journal Animal Science*. 59:1247-1255.
10. Sumano, L.H. y Ocampo, C.L. (1997). *Farmacología Veterinaria*. 2ª ed. México. McGraw Hill/Interamericana.
11. Sumano, L.H., Ocampo, C.L., Gutiérrez, O.L. (2002). Clenbuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. *Veterinaria México*. 33(2): 137-159.

CAPÍTULO 5

SEGURIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL: SU RELEVANCIA EN LA SALUD POBLACIONAL

Rebeca Monroy Torres

Introducción

De acuerdo a la Organización para la Agricultura y la Alimentación¹⁴ y al Comité de Seguridad Alimentaria⁴, la seguridad alimentaria y nutricional se considera cuando “*todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a alimentos inocuos, cuyo consumo es suficiente en términos de cantidad y calidad para satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias, y se sustenta en un marco de saneamiento, servicios sanitarios y cuidados adecuados que les permiten llevar una vida activa y sana*”. La definición de este término ha tenido varias modificaciones, desde 1996, quedando esta definición como resultado de una segunda revisión en la Declaración de la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria en el 2009, donde se resalta el *acceso social*^a.

La seguridad alimentaria se aborda integrando a la seguridad nutricional, que se define como “*la seguridad nutricional se puede definir como un estado nutricional adecuado en términos de proteínas, energía, vitaminas y minerales para todos los miembros de la unidad familiar en todo momento*”; que se enfoca al consumo y biodisponibilidad de los alimentos que se consumen de forma individual o familiar³³. La biodisponibilidad es una de las dimensiones de la seguridad alimentaria, que se describirán en seguida. Por lo anterior, la seguridad nutricional permite que el concepto visibilice que una seguridad nutricional sólo se logrará cuando las familias o población en general consumen en todo momento alimentos en cantidad y de calidad suficientes en términos de

^a CFS (2009). Reforma del CFS, versión final. CFS 35: 2009/2 Rev. 2. Octubre de 2009.

variedad, diversidad, con el contenido nutrimental necesarios para cada organismo e inocuos para satisfacer sus necesidades alimentarias con la finalidad de llevar una vida activa y sana. La seguridad nutricional resalta la importancia, de contar con un entorno sanitario y una salud, educación y cuidados adecuados, que permitan la selección de alimentos que aporten los nutrimentos necesarios, que todas las personas y familias tengan los conocimientos y las condiciones sanitarias y ambientales de apoyo necesarios para obtener unos beneficios nutricionales adecuados de los alimentos, en lugar de tener simplemente acceso a ellos, como sucede con programas asistencialistas como la Cruzada contra el Hambre en México, cuyo objetivo principal, es disminuir el número de población con pobreza alimentaria y con hambre, sin una seguridad nutricional, pero este programa será analizado más adelante¹⁵.

Para concretar, cuando se desarrollan estrategias para lograr la seguridad alimentaria significa que deben garantizar que los sistemas alimentarios proporcionen a todas las familias un acceso estable a alimentos suficientes, adecuados e inocuos, mientras que la seguridad nutricional debe lograr que las personas tengan los conocimientos y las condiciones sanitarias y ambientales necesarias para obtener los beneficios nutricionales adecuados de los alimentos.

Dimensiones de seguridad alimentaria y nutricional

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la seguridad alimentaria se integra por las siguientes dimensiones: a) la disponibilidad de alimentos definida como la existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de importaciones, b) la estabilidad y el acceso, a los alimentos que se refiere a la disposición de recursos adecuados para una alimentación nutritiva, c) la utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica de acuerdo a las necesidades fisiológicas, que es el acceso a alimentos adecuados en todo momento, sin correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas ni acontecimientos cíclicos¹¹.

Se cuenta con un instrumento para medir la seguridad alimentaria en los hogares, como es la Escala Latinoamericana de Seguridad Alimentaria⁵. La inseguridad alimentaria se clasifica en leve, moderada y severa. La leve se considera como un estado de estrés económico, que en su mayoría no afecta de manera significativa la accesibilidad a alimentos, la inseguridad moderada implica la necesidad de implementar estrategias de alimentación que optimicen la utilización de alimentos, donde muchas veces debe sacrificarse la cantidad o calidad de alimentos con fin de buscar la mejor opción para cada familia, la inseguridad severa representa una incapacidad para brindar alimentación suficiente al hogar, esto quiere decir que no todos los miembros de la familia cuentan alimentación suficiente ni regular^{23,24}.

Si bien se ha avanzado en la seguridad alimentaria y nutricional desde el 2000, el progreso hacia el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM) para cuatro de los ocho: 1° para Erradicar la pobreza extrema y el hambre, el 4° Reducir la mortalidad en menores de 5 años; 5° Mejorar la salud materna y, 7° Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente sigue siendo insuficiente, debido a la pobreza, la desigualdad y un sistema alimentario disfuncional que no es capaz de responder a las necesidades alimentarias y nutricionales de todas las personas y que se analiza a continuación³¹.

Cadena alimentaria: Sistemas sostenibles de producción de alimentos

Actualmente los sistemas alimentarios en todo el mundo afrontan desafíos inéditos que surgen del incremento demográfico, económico, la forma no sostenible de producción de alimentos, la comercialización global de los alimentos y los cambios en la salud poblacional. La FAO en su conmemoración del día mundial de la alimentación en el 2013, dedicó su lema a los “*Sistemas alimentarios sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición*”, donde una población sana depende de sistemas alimentarios sostenibles, deja ver que para lograr un estado de salud poblacional, debe haber un vínculo e interacción entre todas las partes de la cadena alimentaria, misma que debe continuar asegurando la inocuidad de los alimentos, pero debe ir más allá y es lograr una sostenibilidad e impacto en la salud y nutrición de la población. Por lo anterior, la FAO ha generado una estrategia

para asegurar la producción y comercialización de alimentos seguros e inocuos pero además ofrezcan los nutrimentos necesarios para los consumidores; para lo cual se deberá contar con medidas de control en los puntos clave de la cadena alimentaria, de forma que se tenga adherencia a las normativas y regulaciones locales e internacionales desde la inocuidad hasta que promuevan una salud en la población^{8,13}.

La cadena alimentaria abarca todos los insumos utilizados en la producción de un alimento, la calidad del agua, la tierra, los piensos de los animales, uso de agroquímicos desde las fases de producción y post cosecha. Hasta su comercialización hasta su consumo (Figura 1). Para reducir los riesgos alimentarios se necesitan sistemas legales, con competencias técnicas y humanas así como una administración eficaz¹².



Figura 1. Etapas y componentes de la cadena alimentaria (elaboración propia)

Para México, los estilos de vida saludable se dirigen a la promoción del consumo de una dieta correcta, que de acuerdo a la NOM-043-2012 referente a los “*Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación*”, una alimentación, se considera correcta cuando es esta es: a) Completa, que incluya todos los grupos de alimentos; b) variada: que integre un alimento diferente de cada grupo de alimentos, c) equilibrada: que los nutrimentos aportados por diferentes grupos de alimentos estén en balance (proteínas, grasas e hidratos de carbono), d) Adecuada: acorde al estado fisiológico de la persona, e) suficiente: de acuerdo con la edad, el sexo, actividad física. F) Inocua: Libre de biológicos (bacterias, virus, hongos, parásitos) y sustancias tóxicas (metales, aditivos cancerígenos, pesticidas)²⁹.

La inocuidad de acuerdo a la NOM-043-2012, se refiere a que los alimentos que se recomiendan para una promoción de salud, no sólo se enfoquen a la calidad nutrimental que es de uso casi exclusivo para los profesionales de la salud, si no que se analice desde

un contexto de que estén libres de microorganismos patógenos (bacterias virus, etc.) y de tóxicos (pesticidas, plaguicidas, metales como el arsénico, plomo, mercurio, etc.), asegurar la inocuidad alimentaria en toda la cadena de alimentaria, de forma que resulte sostenible para la salud de la población.

Por ejemplo, es de importancia para prevenir la incorporación de sustancias tóxicas², contar con un recurso vital que esté disponible, accesible e inocuo, como es el agua. El acceso al agua es un derecho que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha proclamado como esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. A pesar de esta resolución, aún existen millones de personas que no cuentan con una fuente inocua de agua potable, lo cual ha repercutido en la salud de la población, en la cultura y en la economía³⁴. Por lo que dada la situación, el tema de la situación del agua, debe ser abordado en toda la cadena alimentaria, porque es y debe ser uno de los insumos de mayor control en todo el proceso y sistemas de producción alimentaria, donde al final se refleje en una menor morbilidad atribuida a ella.

El agua para animales que se destinan para la producción láctea, es esencial, ya se detectó que una población con exposición a agua con arsénico (metal considerado carcinogénico y un disruptor endócrino, dependiendo el nivel de concentración y tiempo de exposición, además de otras variables biológicas de cada individuo o persona), presentaron niveles altos en cabello, a pesar de no consumir de esta agua, detectando que una mayoría consumían leche de vaca que se producía en establos de la comunidad, lo cual resultó ser un factor de exposición, ya que hay evidencia suficiente de su incorporación por la leche si los animales están expuestos a este metal en el agua^{25,26}. Si bien este capítulo no abordará los riesgos de los diferentes metales y contaminantes que puede tener el agua, se sugiere revisar la bibliografía del autor y de otros autores que se anexan, para mayor comprensión de la problemática. Se entiende que toda preparación de alimentos requiere o tiene como base el agua, no siempre se considera al momento de hacer un análisis integral y ante escenarios cada día más complejos. Para ello en México también debemos revisar y verificar los estándares nacionales para considerar un agua para consumo humano la Norma 127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el

agua para su potabilización” establece las características y límites permisibles, que en su mayoría aún están por arriba de los estándares internacionales³⁰ (NOM-127-SSA1-1994), que en el 2014, ha sido reemplazada esta norma por el proyecto de norma 250-SSA1-2014, “*Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, control y vigilancia. Procedimiento sanitario de muestreo*”, la cual ha reducido los valores permisibles.

Por otro lado, el incremento de enfermedades en animales de orden transfronterizas, los efectos de las plagas y enfermedades vegetales y situaciones de emergencia relacionadas con la inocuidad de los alimentos ha generado impactos en la salud, en la economía y confiabilidad en los consumidores internos y externos, y los impactos son globalizados y seguirán generándose brotes. Los cambios de las condiciones agroecológicas, la intensificación de los sistemas de producción de alimentos y la expansión del comercio mundial aumentan la probabilidad de que las enfermedades y las plagas de las plantas y los animales aparezcan y se difundan con mayor rapidez y en zonas más amplias que nunca, así como el riesgo de que numerosos consumidores de mercados distantes reciban alimentos que no son inocuos⁶.

El aumento de la demografía y por ende de la mayor demanda y comercialización de alimentos, con una mayor diversidad y volumen de animales, plantas y sus productos fomentan la propagación de enfermedades entre países o regiones. Los cambios en las prácticas agropecuarias están creando nuevos peligros para la salud que cruzan fácilmente las fronteras. Las variaciones de la ecología y el comportamiento humanos también contribuyen a la mayor incidencia y propagación de peligros importantes para la salud pública, de los animales y de las plantas^{10,17}. Derivado de lo anterior, desde el 2007, la FAO ha creado directrices en el tema de bioseguridad, cuya justificación se explica por la mayor movilización de alimentos de una frontera a otra, aunado a los efectos del cambio climático sobre la conservación de los mismos, lo cual requiere de otro marco normativo para proteger la producción de alimentos en toda la cadena alimentaria¹⁰, cuyo objetivos sectoriales de la bioseguridad de acuerdo a la FAO, se resumen en la figura 2.

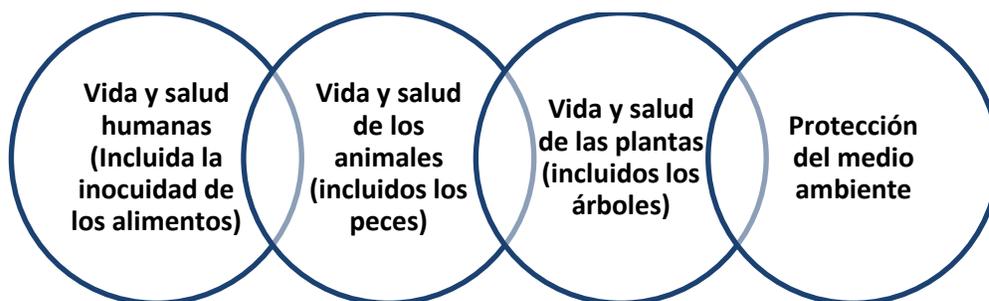


Figura 2. Objetivos sectoriales de la seguridad alimentaria¹⁰

Por ejemplo, citemos el análisis y ejemplo de la producción de maíz en México^b. El maíz blanco se utiliza principalmente para el consumo humano y el amarillo como insumo para la alimentación de peces y otros animales y para la producción de almidón. La producción nacional del maíz blanco satisface la demanda interna y la producción de maíz blanco proviene aproximadamente del 35% del total de la superficie sembrada en México. Mientras que la producción es baja para el maíz amarillo. De acuerdo al análisis^b, el maíz amarillo para uso forrajero tuvo una demanda del 62% durante 2009, donde se usa como un alimento para engordar bovinos, cerdos y aves así como en la alimentación de peces. A finales del 2009, la sustitución de sorgo se dio por maíz amarillo. Para 2007, el consumo industrial de maíz amarillo representó el 22% de la demanda total de este grano y para consumo humano fue inferior a 3%, pero para 2009, incrementó su consumo, debido a que el maíz amarillo bajó su costo comparado al maíz blanco y se estima que este incremento seguirá para la proyección de 2018. Pero su comportamiento económico a nivel internacional, no es igual, ya que a diferencia del maíz blanco, los precios del maíz amarillo se equipara a los precios internacionales debido a que el mercado nacional de este grano es deficitario, pero en Estados Unidos, el precio de este grano por ejemplo en 2006, fue de US\$90/ton incrementando a US\$188/ton para 2008, cuyo cambio de explica por la reforma energética de E.U.

^b Proyecciones para el sector agropecuario de México, escenario 2009-2018.

En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/EBespa%C3%B1ol300909.pdf>

Actualmente, si revisamos las convocatorias de apoyo de SAGARPA, 2015, hay un incentivo por tonelada para el productor que siembre maíz amarillo, en comparación con el maíz blanco, por lo que se debería comenzar a analizar desde un plano de seguridad nutricional y de conocer que otros impactos en la salud animal, de peces y aves además de la salud del ser humano, estén generando.

Para mejorar las condiciones de la cadena alimentaria, se requiere de un trabajo inter y multidisciplinario, para ello la FAO, cuenta con un instrumentos que apoya a varios de sus Estados miembro, y es el Marco de gestión de crisis para la cadena alimentaria (FCC)^c, que tiene un abordaje interdisciplinario cuya estructura abarca la salud animal, la protección vegetal y la inocuidad de los alimentos. Claro todos los anteriores deben pensarse para impactar en la salud poblacional y en la ecología. En el cuadro 1, se presenta la estructura del FCC, cuyos procedimientos y coordinación se da de la siguiente manera:

1. El FCC: Es la Unidad de Información y Coordinación que garantiza la coordinación entre los distintos componentes del FCC.
2. El EMPRES se encarga de la prevención y la alerta temprana en toda la cadena alimentaria.
3. La respuesta rápida, a medio plazo y a largo plazo garantiza la provisión de una respuesta adecuada ante amenazas comprobadas o potenciales a través de las capacidades técnicas y operacionales de la FAO.

Cuadro 1. Enfoque interdisciplinario de la FAO para abordar las amenazas a la cadena alimentaria humana por la alteración en la salud animal, la protección vegetal y la inocuidad de los alimentos, a través del FCC

Coordinación		
Unidad de información y coordinación		
Prevención y alerta temprana		
EMPRES	EMPRES	EMPRES
Sanidad animal	Protección de plantas	Inocuidad de los alimentos
Respuesta		
Sanidad animal	Protección de plantas	Inocuidad de los alimentos
<i>Unidad de gestión de emergencia en la cadena alimentaria</i>		
Respuesta rápida y a mediano y largo plazo	Respuesta rápida y a mediano y largo plazo	Respuesta rápida y a mediano y largo plazo

Fuente: Tomada y editada de la página de la FAO del FCC^c

El proceso de industrialización de la agricultura ha producido transformaciones importantes en alimentación. La revolución en la agricultura hace 10,000 años fue posible gracias a la domesticación de varios granos y cereales. Con ello la disponibilidad de calorías incrementó y fueron posibles tanto el crecimiento poblacional como el desarrollo de la población. Pero la seguridad nutricional se vio amenazada, por dar paso a una producción de alimentos de baja calidad nutrimental que se manifestó en deficiencias de proteína y varios otros micronutrientes, así como la adición de conservadores, aditivos, colorantes, cuya mayoría para México están permitidos, a pesar de que en otros países se han prohibido por su evidente riesgo de carcinogénesis.

^c En línea: <http://www.fao.org/foodchain/fcc-pagina-principal/informacion-general/es/>

En menos de 15 años y en el último medio siglo hemos sido testigos del surgimiento de enfermedades crónico degenerativas, causadas por estilos de vida poco saludables, alimentos más procesados y de mayor densidad energética, derivada de sustratos como la

azúcar, harinas refinadas, aceites, sodio y carnes rojas, mejor conocidos como alimentos *ultraprocesados* y se caracterizan por tener precios bajos pero un presupuesto grande destinado en mercadotecnia. El consumo de alimentos procesados contribuye a la disminución de preparar alimentos en casa y el tiempo destinado a ello también se ha modificado y por ende la convivencia en familia^{27,28}.

Soberanía alimentaria

La soberanía alimentaria^d es el *“derecho de cada país, pueblo, familia a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación de toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales, en los cuales la mujer desempeña un papel fundamental”*²².

Pero fue en 1996 por Vía Campesina en Roma, con motivo de la Cumbre Mundial de la Alimentación de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) que se aborda y define a la soberanía alimentaria, que se entiende como la facultad de cada pueblo para definir sus propias políticas agrarias y alimentarias de acuerdo a objetivos de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria. Ello implica la protección del mercado doméstico contra los productos excedentarios que se venden más baratos en el mercado internacional, y contra la práctica del dumping (venta por debajo de los costos de producción).

Seguridad Nutricional y en salud: impacto en la morbilidad, economía y política

En América latina y el Caribe todavía existen 47 millones de personas subalimentadas¹⁶ y aproximadamente 7.1 millones de niños menores de 5 años afectados por desnutrición crónica³⁵. Además, la anemia por deficiencia de hierro constituye el problema nutricional más prevalente y afecta al 44.5% de los niños y al 22.5% de mujeres en edad fértil.

^dConclusiones del Foro Mundial sobre Soberanía Alimentaria. La Habana, Cuba, Septiembre 2001.

El sobrepeso y la obesidad han adquirido dimensiones epidémicas, en todos los grupos de edad y estratos sociales. La tasa para ambas patologías, entre los menores de 5 años, es 7%; escolares entre 25% y 30%, y en la población adulta, al menos 50% está afectado. Como es conocido el sobrepeso está directamente asociado al desarrollo de enfermedades crónicas, como la diabetes, enfermedades cardiovasculares y varios cánceres.

Para México, de acuerdo a ENSANUT 2012, la prevalencia combinada de sobrepeso u obesidad ($IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$) es mayor en las mujeres (73.0%) que en los hombres (69.4%), y la prevalencia de obesidad ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$) es más alta en el sexo femenino que en el masculino^{7,19}. Por lo que siete de cada diez mexicanos padecen obesidad. Para la hipercolesterolemia fue de 14.1% en mujeres y 11.7% en hombres. De los individuos que informaron haber recibido resultados con valores elevados de colesterol, 69.8% reportó haber recibido tratamiento farmacológico²⁰.

La obesidad es un problema de salud pública considerada la epidemia del siglo, a la que se ha destinado una gran cantidad de recursos económicos y humanos para su manejo, control y prevención. De acuerdo a la OMS, en el 2000 había en el mundo un aproximado de 330 millones de adultos obesos; en 2005 alcanzó los 400 millones de personas, y se calcula que para el año 2015 habrá por lo menos 2,300 millones de individuos con sobrepeso y más de 700 millones con obesidad. De acuerdo con la ENSANUT 2006 y 2012, el porcentaje de escolares con obesidad son un 26% en ambos sexos: 26.8% en los niños y 25.9% en las niñas, lo que representa más de 4 millones. Mientras que en 1999, tales porcentajes fueron de 18.6% (20.2% en niñas y 17% en niños), lo que significó un incremento altamente significativo en solo siete años. En el estado de Guanajuato un 27% de los niños presentan obesidad y sobrepeso, lo cual se refleja en un incremento a corto y largo plazo de adultos con esta problemática⁷. Las causas de estas consecuencias en la salud de la población, se da principalmente en familias de escasos recursos que tiene una tendencia a consumir fuentes de calorías baratas, de mayor procesamiento los alimentos.

La Asamblea General de las Naciones Unidas, para el 2014, declara Año Internacional de la Agricultura Familiar, en donde se reconoce que los agricultores familiares son figuras clave para dar respuesta a los retos que afrontamos en seguridad alimentaria, la prevención

de las enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta sustentable y la conservación de los recursos naturales, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Pero para abordar el análisis clínico y nutricio, se definirá el estado nutricional de una persona, que puede medirse con diferentes métodos, tales como la antropometría, la evaluación bioquímica o clínica y los métodos de ingestión dietética. La antropometría es el método comúnmente utilizado. Se puede definir como la medición de las dimensiones físicas y la composición bruta del cuerpo humano. Pero para terminar con las desigualdades del sistema alimentario mundial, garantizar su sostenibilidad y contribuir al progreso en otras áreas del desarrollo humano y económico y otras áreas, se deberá invertir y fomentar la seguridad alimentaria y nutricional. Por ejemplo, los problemas de desplazamiento de las unidades agrícolas pequeñas y medianas, pérdida de la biodiversidad agrícola y el incremento de distintas formas de mala nutrición principalmente por exceso, con sus consiguientes riesgos para el desarrollo de diabetes, hipertensión, dislipidemias, etc. Por eso la promoción de la seguridad alimentaria y nutricional, en las familias, como lema principal en el día mundial de la alimentación organizado por la FAO en el 2014.

Inocuidad alimentaria: Un estudio de caso

La calidad de los alimentos es importante tanto desde el punto de vista nutricional como agrícola. El concepto de calidad debe incluir tanto el valor nutricional como el valor gastronómico, tradicional y cultural de los productos agrícolas. La calidad también designa características deseadas, por ejemplo, si la producción deriva de una agricultura orgánica, con respeto al medio ambiente. No es accidental que este nuevo concepto de “calidad” esté casi invariablemente asociado a la producción en pequeña o mediana escala dada la dedicación central de ésta a la producción en alimentos para el consumo humano.

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) se producen por la ingestión de alimentos y bebidas contaminados con microorganismos patógenos, que afectan la salud del consumidor en forma individual y colectiva¹⁹. La incidencia de las ETA son un indicador directo de la calidad higiénico y sanitaria de los alimentos. La contaminación puede ocurrir durante cualquier etapa de la cadena alimentaria (producción, elaboración, manipulación, conservación, transporte, distribución o comercialización)¹⁹. Se han descrito más de 250

ETA, entre las bacterias causales más comunes y frecuentes se encuentran especies de los géneros *Campylobacter* y *Salmonella*, así como, la cepa O157:H7 de la enterobacteria *Escherichia coli*. Los signos y síntomas más comunes son diarreas vómitos, cefaleas, fiebre, visión doble y, de acuerdo a su gravedad puede evolucionar a choque séptico. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, a pesar de que estas bacterias con prevalentes, en su mayoría no se tienen o llevan registros de las ETA, sin embargo, en los últimos años, varios países cuentan con sistemas de registro de las ETA lo cual les permite tomar decisiones oportunas⁹.

En el 2011, el Centro de Control de Enfermedades (CDC) estimó que cada año, al menos uno de seis estadounidenses (o 48 millones de personas) se enferman, 128,000 son hospitalizados y 3,000 culminan en fallecimientos por ETA³. En el 2005, de acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se reportaron aproximadamente 4 millones de casos de ETA en México³². En el 2011, el Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE) informó que casi 6 millones de casos fueron atribuidos a ETA, mientras que para el 2012 se reportaron más de 3 millones de casos.

En México se cuentan con normatividades y secretarías que apoyan y fomentan las buenas prácticas, como la *“NOM-251-SSA1-2009, que se refiere a las prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso”*. Esta norma ya contempla la aplicación de sistemas de gestión que garanticen la inocuidad de los alimentos, como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés). Aunque el sistema HACCP se describe en la norma, se trata de una recomendación obligada al igual que su aplicación.

Dieta sustentable y la proyección de la seguridad alimentaria

Los sistemas alimentarios sostenibles y las dietas saludables tienen la capacidad de responder a los requerimientos nutricionales de las poblaciones que las consumen, sin comprometer a las futuras generaciones. Esto solo es posible a través del uso eficiente y responsable de los recursos naturales, reciclaje de los desechos, apoyo a la producción de

alimentos de calidad nutricional, y la oferta y disponibilidad de los mismos principalmente en mercados locales. El rol de la agricultura familiar promoviendo sistemas alimentarios y dietas saludables y sostenibles es fundamental, ya que pueden producir alimentos naturales utilizando menos insumos, mejorar la oferta de alimentos agroecológicos de carácter local y de temporada, y operar en circuitos cortos de comercialización, lo que reduce costos de transacción y aumenta las ganancias de los productores.

Tales conceptos están respaldados por la consulta de alto nivel sobre Hambre, Seguridad Alimentaria y Nutrición en Madrid en el 2013²¹, que concluyó que el alcance de la seguridad alimentaria y nutricional son críticas en la nueva agenda de desarrollo universal para el 2015 de la FAO y de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Además, se ha destacado que existe un estrecho vínculo entre la situación nutricional de una población y su posibilidad de crecimiento económico y social¹.

Las metas, los objetivos y el enfoque de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) en el marco post 2015 deben considerar:

1. En un enfoque de derechos humanos que tenga en cuenta los principios fundamentales de participación, rendición de cuentas, no discriminación, transparencia, dignidad humana, empoderamiento y estado de derecho.
2. Asegurar la sostenibilidad social, económica y ambiental a largo plazo de la SAN. El marco post-2015 de la FAO, debe considerar su contribución para frenar la desertificación, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y otros fenómenos que inducen la degradación ambiental
3. Ser ambiciosos para conseguir cambios en todos los niveles y abordar los problemas globales. El nuevo marco debe ser auténticamente global y promover acciones que trascienden las fronteras nacionales, enfrentar cuestiones como los subsidios directos e indirectos a las exportaciones agrícolas, los acaparamientos de tierras, los subsidios agrícolas insostenibles que tienen un impacto en la seguridad alimentaria, la especulación financiera.
4. Integrar enfoque de responsabilidad común pero diferenciada, con soluciones distintas en función del contexto y las capacidades de cada país.

5. Orientar la acción hacia los más pobres y vulnerables a la inseguridad alimentaria y nutricional y asegurar que se avance de manera equitativa teniendo en cuenta factores como la riqueza, el género, la edad, la etnia y la región geográfica, con el fin de reducir las desigualdades.
6. Seguir un enfoque basado en la evidencia y centrado en la persona, es decir, en datos objetivos para la toma de decisiones.

Conclusiones

En la actualidad la inocuidad de los alimentos se enfoca a retirar alimentos de riesgos una vez que han pasado por la mayoría de las etapas de la cadena alimentaria y no a prevenir o instalar puntos críticos de control. Se debe buscar la integración de los productores y los profesionales de la salud, donde se busque que la inocuidad vaya más a un sentido de prevenir enfermedades transmitidas por alimentos y contribuir a disminuir la morbilidad por enfermedades gastrointestinales derivadas de una falta de buenas prácticas de manufactura, aunque en estos momentos y tiempos, no es suficiente con hablar de la inocuidad de los alimentos, como aquellos libres de riesgos biológicos y toxicológicos, como se ha mencionado, sino de promover alimentos de calidad nutrimental, con menores aditivos y densidad energética; ya que derivado de las preocupantes estadísticas de salud en la población, principalmente la infantil, deben entrar como alimentos no aptos para consumo humano, todos aquellos con una alta densidad energética, mayor contenido de sodio, colorantes no permitidos a nivel internacional, aditivos y sus insumos o ingredientes en general y no separar los impactos nutrimentales con los infecciosos, que finalmente impactan en la salud y calidad de vida de las personas.

Los proyectos y líneas de investigación en este tema, deben estar vigentes en las Universidades y promover proyectos de impacto social, donde se formen los estudiantes para resolver entornos complejos a través de la interdisciplinariedad.

Referencias:

1. Banco Mundial. (2006). 1ª Edición. Revalorización del papel fundamental de la nutrición para el desarrollo. Washington, D.C. Estrategia para una intervención en gran escala. (consultado 10 de febrero de 2016). En línea: http://siteresources.worldbank.org/NEWSSPANISH/Resources/Nutrition_estrategy_es.pdf
2. Carvalho, F.P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental science & policy*. 9:685-692.
3. CDC. (2011). Estimaciones sobre enfermedades transmitidas por alimentos en los EE.UU. (consultado el 14 de enero 2016). En línea: <http://www.cdc.gov/spanish/Datos/EnfermedadesAlimentos/>
4. CFS. Comité de Seguridad Alimentaria. (2012). En buenos términos con la terminología. (consultado el 14 marzo de 2015). En línea: http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/file/Terminology/MD776S%28CFS___Coming_to_terms_with_Terminology%2901%5B1%5D.pdf
5. ELCSA. (2012). FAO. Comité Científico de la ELCSA. Manual de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA). (consultado el 10 de febrero de 2016). En línea: <http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>
6. EMPRES. (2010). EMPRES para la inocuidad de los alimentos Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (consultado el 12 de marzo de 2015). En línea: <http://www.fao.org/docrep/012/i1646s/i1646s.pdf>
7. Gutiérrez J, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2012. (consultado el 12 de marzo de 2015). En línea: <http://ensanut.insp.mx/>
8. FAO. (2013). Folleto: Sistemas alimentarios sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición: Día Mundial de la Alimentación. (consultado el 12 de marzo de 2015). En línea: http://www.fao.org/fileadmin/templates/getinvolved/images/WFD_issues_paper_2013_web_ES.pdf
9. FAO. (2012). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México 2012. (consultado el 14 de enero 2016). En línea: http://www.colpos.mx/wb_pdf/Panorama_Seguridad_Alimentaria.pdf
10. FAO. (2007). Instrumentos de la FAO sobre la Bioseguridad. (consultado el 14 de marzo de 2015). En línea: <http://www.fao.org/3/a-a1140s/>
11. FAO. (1996). Seguridad alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. (consultado marzo 2015). En línea: ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf
12. FAO. (2005). Asegurar la cadena alimentaria. (consultado el 14 de marzo de 2015). En línea: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0504sp2.htm>
13. FAO. (2002). Alimentos Inocuos y nutritivos para los consumidores. (consultado el 14 de marzo de 2015). En línea: <http://www.fao.org/worldfoodsummit/sideevents/papers/y6656s.htm>
14. FAO. (1996). Seguridad alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. (consultado el 14 de marzo de 2015). En línea: ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf
15. FAO/AGN. (2012). Grupo de Acción de Alto Nivel de las Naciones Unidas. Food and Nutrition Security for All through Sustainable Agriculture and Food Systems. (consultado en 11 de febrero de 2016). En línea : http://www.fao.org/fileadmin/templates/ags/docs/SFCP/Flyer_SP_01.pdf
16. FAO, FIDA, PMA. (2013). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. El crecimiento económico es necesario pero no suficiente para acelerar la reducción del hambre y la

- malnutrición. Roma. (consultado en 10 de marzo de 2015). En línea: <http://www.fao.org/publications/sofi/es/>.
17. FAO/OMS. (2004a). Los riesgos emergentes relacionados con el medio ambiente y las nuevas tecnologías. Documento preparado por la Secretaría Mixta FAO/OMS para el Segundo Foro Mundial. (consultado en 10 de marzo de 2015). En línea: ftp://ftp.fao.org/es/esn/global2/proceedings_es.pdf
 18. FAO/OMS. (2004b). De Autoridades de Reglamentación sobre Inocuidad de los Alimentos, Bangkok, 12-14. (consultado el 12 de marzo de 2015). En línea: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/008/j3255s/j3255s00.pdf>
 19. González -Flores, T. y Rojas-Herrera, R.A. (2005). Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. *Salud Pública en México*. 5(47): 388-390.
 20. Gutiérrez, J.P., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., Franco, A., Cuevas-Nasu, L., Romero-Martínez, M. y Hernández-Ávila, M. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX).
 21. Consulta de Alto Nivel de Madrid sobre Hambre, Seguridad Alimentaria y Nutrición en el Marco de Desarrollo Post-2015. (consultado en 10 de febrero de 2016). En línea: <http://www.fao.org/3/a-bb007s.pdf>
 22. LMDASSA. Ley Marco Derecho a la Alimentación, Seguridad y Soberanía Alimentaria. (2013). Aprobada en la XVIII Asamblea Ordinaria del Parlamento Latinoamericano 30 de noviembre al 1 de diciembre de 2012 Panamá. (consultado el 10 de marzo de 2015). En línea: http://www.fao.org/fileadmin/templates/righttofood/documents/project_m/doc/Ley_Marco_DA_Parlartino.pdf
 23. Melgar-Quiñonez, H. y Samayoa, L. (2011). Prevalencia de inseguridad alimentaria del hogar en Guatemala. Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI). (consultado el 15 de marzo de 2015). En línea: http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/12/13328840369830/af-inseguridad_alimentaria.pdf
 24. Monroy-Torres R, Velásquez A, Ortíz A. (2010). Programa de oportunidades sobre la seguridad alimentaria y nutricional en Atarjea: desde la percepción de sus participantes. *Avances en seguridad alimentaria y nutricional*. 1(1):63-73
 25. Monroy-Torres, R., Rodríguez- Miranda, E. y Ramírez-Gómez, X. (2010). El arsénico y su impacto en la salud humana. *Naturaleza*, Universidad de Guanajuato. 18: 1-7.
 26. Monroy-Torres, R., Gómez, X.S., Naves-Sánchez, J. y Macías, A. (2009). Accesibilidad a agua potable para el consumo y preparación de alimentos en una comunidad expuesta a agua contaminada con arsénico. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. 9(1): 10-13.
 27. Monteiro, C.A., Moubarac, J.C., Cannon, G., Ng, S.W. y Popkin, B. (2013). Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obes Rev* 14 (Suppl 2): 21-28.
 28. Monteiro, C.A., Levy, R.B., Claro, R.M., Castro, I.R.R. y Cannon, G. (2011). Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil. *Public Health Nutrition*. 14: 5-13
 29. Norma Oficial Mexicana. (2012). NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación en materia alimentaria.
 30. Norma Oficial Mexicana. (2004). NOM-127-SSA1-2004, Salud Ambiental : Agua para uso y consumo Humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. En línea: <http://ecologiayagua.com/pdf/NOM-127-SSA1-1994.pdf>

31. ODM. Objetivos de desarrollo del Milenio. (2013). FAO. (consultado el 15 de marzo de 2015). En línea: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/mdg-report-2013-spanish.pdf>
32. OPS. Organización Panamericana de la Salud. (2005). Estrategia de cooperación con el país, México. En línea: http://www.who.int/countryfocus/cooperation_strategy/ccs_mex_es.pdf
33. Quisumbung, A.R., Brown, L.R., Feldstein, H.S., Haddad, L. y Peña, C. (1995). Women: The Key to Food Security. IFPRI Food Policy Report. Washington D.C. Citado en Kennert, K., ed., 2005. Achieving Food and Nutrition Security. InWEnt Feldafing. GTZ Eschborn y DWHH Bonn
34. UNESCO. (2003). Agua para todos, agua para la vida: Informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, resumen. (consultado el 15 de marzo de 2015). En línea: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex_summary/ex_summary_es.pdf
35. UNICEF, WHO, WB. (2011). Joint child malnutrition estimates Global and regional trends by Regions, 1990-2025.

CAPÍTULO 6

CARNE DE POLLO, SU OXIDACIÓN LIPÍDICA Y COMO PREVENIRLA

Fidel Ávila Ramos

José Sergio López Briones

José Mario Mendoza Carrillo

Daniel Díaz Plascencia

Introducción

En el año 2010, la producción de carne de pollo en México fue de 2, 822,413 toneladas, ésta se ha incrementado a 1, 470,012 t (106%) en los últimos catorce años. El consumo per cápita presentó la misma tendencia, pasó de 15.8 a 26.8 kg, lo que representa un incremento de 69%, con una tasa media de crecimiento anual de 4.6%. En promedio, los mexicanos consumen 71 g de carne de pollo al día. Esta carne tiene poca grasa saturada y es rica en ácidos grasos insaturados, la carne fresca tiene 23% de proteína, minerales y vitaminas lipo e hidrosolubles.

Si la dieta de los pollos contiene altos niveles de ácidos grasos insaturados, la concentración de estos compuestos en la carne será alta. Estos ácidos grasos son de vital importancia en la salud humana, dado que pueden disminuir la presión arterial y mejorar el funcionamiento del sistema vascular en las personas que la consumen. Sus efectos antiarrítmicos y antitrombóticos mejoran la función endotelial del sistema vascular, aumentan la respuesta inmunológica del organismo y disminuyen la formación de células cancerosas y neoplasias⁶.

El humano debe ingerir ácidos grasos todos los días; la cantidad requerida se desconoce. En Canadá, el sistema de salud recomienda 1,500 mg de omega-3 y 9,000 mg de omega-6 (una relación 1:6) por día para una persona adulta⁶¹, y 100 g de muslo de carne de pollo enriquecido con ácidos grasos insaturados (AGI) puede aportar el ácido

eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) necesarios para el mantenimiento de un buen estado nutricional y de salud del organismo humano⁸.

El pescado, las nueces y las semillas de linaza contienen ácidos grasos poli insaturados (AGPI) en mayores cantidades que la leche, el pollo o la carne roja. La carne de pollo tiene pequeñas cantidades de AGPI, pero su contenido puede aumentar si se adiciona al alimento del ave una fuente energética rica en AGPI, de esta forma la carne aumenta su valor nutritivo¹⁸. La pechuga de pollo puede tener 2.8 %, el muslo 13 % y la piel 70 % de ácidos grasos⁴⁵.

El consumo de AGPI por los pollos, incrementa la proporción de éstos en las membranas celulares del organismo, incluyendo las fibras musculares de la carne. Esta modificación aumenta la susceptibilidad de la carne a sufrir oxidación lipídica. El daño oxidativo es mayor en carne cocida y almacenada en refrigeración⁶⁰. Con el objetivo de disminuir el proceso oxidativo de las grasas en la carne, se adicionan antioxidantes al alimento de las aves o son aplicados sobre la carne durante su procesamiento¹⁸.

El uso de antioxidantes naturales es una alternativa para aumentar la vida de anaquel de los productos cárnicos. Éstos tienen efectos variables para disminuir la oxidación de la carne y son inocuos, sin embargo; son caros y pueden modificar el sabor de los alimentos, aunque el consumidor los acepta fácilmente. Su evaluación individual en carne es complicada, debido a la cantidad y variedad de compuestos químicos que pueden contener. Su origen, la especie vegetal empleada y el método aplicado para obtenerlos de las plantas, son factores que modifican el contenido de sus ingredientes activos.

Este capítulo pretende dar un panorama general de la producción avícola, la calidad de la carne de pollo vista desde el proceso oxidativo de sus ácidos grasos, la importancia de adicionar antioxidantes a través de los alimentos para obtener un producto con estabilidad, con el objetivo de disminuir la velocidad del proceso oxidativo de las grasas en la carne. En general, estamos convencidos que este capítulo ayudará tanto al lector general como al profesionalista de la área de medicina veterinaria sobre una de las problemáticas de la industria avícola que se presenta en la carne de pollo.

Producción de carne de pollo en México

La producción total de carne en el año 2010 fue de 5, 783,608 toneladas, incluyendo bovinos, aves, porcinos, caprinos y ovinos, de la cual el 49.3% es carne de pollo con 2,822, 413 toneladas. En los últimos diez años, la producción avícola se incrementó a una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 4.3%, su valor fue de \$77, 731,265.00 millones de pesos, lo que representa 38.5% del producto interno bruto (PIB) pecuario nacional⁶⁷.

La avicultura es la principal rama transformadora de proteína vegetal a proteína animal. En 1994 se consumieron 8.7 millones de toneladas de alimento balanceado; en el año 2008, el consumo ascendió a 13.7 millones de toneladas. Los granos forrajeros constituyeron 63.1% (8, 649,094 toneladas) del alimento y las pastas de oleaginosas 22% (3, 151,000 toneladas), 14.8% fueron ingredientes menores. En el año 2008 la producción de carne utilizó 4, 782,102 toneladas de granos⁶⁷; 38% del sorgo, 9.5 millones de toneladas de maíz amarillo y 95% de soya².

El incremento de los precios en los insumos impacta directamente el costo de producción del pollo. En el año 2008, el alimento representó 67.2% de los costos con un índice de 2.1 kg de alimento para producir 1 kg pollo⁶⁷. Para contrarrestar los efectos negativos de los precios de los alimentos, se necesita producir 167.4 kg de pollo por m⁻² año⁻¹ y manejar los eslabones de la cadena productiva hasta la llegada de los productos cárnicos al consumidor.

Calidad de la carne de pollo

En los últimos años, el consumidor ha modificado algunos de sus hábitos alimenticios. Actualmente, no sólo le preocupa alimentarse, si no al mismo tiempo busca alimentos que beneficien su salud⁶¹. Para lograr el objetivo elige carne con poca grasa saturada y prefiere carne con alto contenido de AGPI⁶. En los Estados Unidos de Norteamérica, la “American Heart Association” recomienda consumir carne, pero incluir en la dieta una relación de 30% de ácidos grasos insaturados y 10% de ácidos grasos saturados para disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

La carne de pollo tiene alto valor nutricional y poca grasa, 100 g de carne contiene: 74.7% de agua, 110 kcal, 23.0 g de proteína y 1.2 g de lípidos. De éstos últimos 0.33 g son

ácidos grasos saturados, 0.10 g son ácidos grasos monoinsaturados, 0.28 g de ácidos grasos poliinsaturados y 58 mg de colesterol²². En el Cuadro 1, se muestra el perfil de ácidos grasos de la carne de pollos alimentados con una dieta estándar. La pechuga contiene menos ácidos grasos que el muslo, siendo los ácidos grasos más abundantes el oleico, palmítico y linoleico.

El contenido de lípidos en la carne de pollo varía debido a la edad de las aves, el sexo y factores nutricionales, principalmente la fuente concentrada de energía adicionada a la dieta^{18,20}. La inclusión de altos niveles de grasa en la dieta de las aves disminuye la actividad lipogénica hepática, debido a que no es necesaria la síntesis de ácidos grasos y se inhiben las enzimas lipogénicas⁵². Este proceso metabólico aumenta cuando la energía de la dieta proviene por carbohidratos⁶⁵.

Ácidos grasos en la carne de pollo

Los ácidos grasos presentes en las fibras musculares tienen dos orígenes: el primero es el exógeno, debido a su inclusión en el alimento. El segundo es de origen endógeno, debido al metabolismo propio del pollo. Cuando se administran cantidades bajas (<1%) de ácidos grasos a la dieta, la mayor parte de ácidos grasos es de origen endógeno debido a la síntesis del *novo* a partir de hidratos de carbono²⁰. Cuando los pollos se alimentan con grasas, se incrementa la cantidad de los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0) en la carne. Pero cuando se alimentan con aceites al 10% como el de oliva, linaza o girasol, los perfiles de ácidos grasos se modifican, predominando el aceite oleico²⁰.

Se ha adicionado manteca, aceite de oliva, girasol y linaza a la dieta y no se han encontrado diferencias en la cantidad de ácidos grasos saturados en carne de pollo, pero el contenido de ácidos grasos insaturados fue superior al adicionar aceite de oliva, girasol y linaza ($P \leq 0.05$)²⁰. Además, reportaron mayor cantidad de ácidos grasos saturados en muslo y pechuga por la inclusión de grasa saturada en la dieta, principalmente ácido mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), comparados con carne de pollos alimentados con aceite de oliva, girasol o linaza. La carne de los pollos alimentados con aceite de girasol mostró altos valores de ácido linoleico (C18:2).

Cuadro 1. Contenido de ácidos grasos en la pechuga y muslo de pollo (mg g⁻¹ de grasa)¹⁸

Ácidos grasos	Pechuga	Muslo
C16:0 (Palmítico)	23.8	22.6
C16:1 (Palmitoleico)	4.5	6.3
C18:0 (Esteárico)	7.5	7.6
C18:1 (Oleico)	29.1	32.0
C18:2 ω 6 (Linoleico)	17.8	18.3
C18:3 ω 3 (Linolénico)	0.5	0.7
C20:1 (Gondoico)	0.5	0.5
C22:1 (Erúcico)	0.4	0.6
C20:4 ω 6 (Araquidónico)	5.0	3.7
C20:5 ω 3 (Eicosapentanoico)	0.7	0.6
C22:5 ω 3 (Docosapentanoico)	0.9	0.5
C22:6 ω 3 (Docosahexanoico)	1.8	1.0
AGS ¹	31.3	30.2
AGMI ²	34.5	39.4
AGPI ³	26.7	24.8
AGPI:AGS ⁴	0.85	0.82

¹AGS: Ácidos grasos saturados

²AGMI: Ácidos grasos mono insaturados

³AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados

⁴ AGPI: AGS: Ácidos grasos poli insaturados: Ácidos grasos saturados

Por otro lado, se ha evaluado la inclusión de aceite de pescado (0, 2, y 4%) a la dieta de los pollos, combinado con ácidos grasos saturados⁴⁷, encontrando que se incrementó la deposición de grasas insaturadas en la carne de los pollos evaluados, principalmente las de cadena larga como; ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5 3,6,9,12,15), docosahexaenoico (DHA, C22:6 3,6,9,12,15,18) y docosapentaenoico (DPA, C22:5 4,7,10,13,16). Al realizar la evaluación con los consumidores, estos no encontraron diferencia en el sabor de la carne al incrementar el porcentaje de aceite de pescado suministrado. Los resultados indicaron que es posible enriquecer con ácidos grasos insaturados la carne de pollo sin modificar su sabor.

Se ha propuesto la adición de aceite de pescado en matriz de gel para aumentar la deposición de ácidos grasos insaturados en carne de pollo⁵⁹. La adición de aceite o su matriz en gel favorecen el proceso sin diferencia alguna. Por lo tanto, utilizar ingredientes apropiados favorece la deposición de AGPI en la carne^{18,64}. Por ejemplo, el aceite de soya crudo en la dieta de las aves incrementa la deposición de los ácidos grasos insaturados (linoleico C18:2 y linolénico C18:3) en la carne. Los niveles de ácido linoleico conjugado pueden incrementar en la carne de pechuga y en el muslo al adicionarlo a la dieta sólo o combinado, respecto a los pollos que reciben únicamente aceite de pescado⁶³.

La nutrición de los pollos es el factor principal que afecta la acumulación de ácidos grasos insaturados en los tejidos¹⁸. Esto significa que los ingredientes utilizados para elaborar las dietas deben elegirse considerando el efecto que pueden tener en el producto final. Por lo que es necesario aplicar métodos que mantengan la calidad, el valor nutricional y prolonguen vida de anaquel de la carne⁶³.

Grasas y aceites utilizados en nutrición de pollos

Debido a su elevado requerimiento deben adicionarse fuentes concentradas de energía a los alimentos de los pollos⁴⁴. Las grasas, además de proporcionar energía a la dieta y mejorar la absorción de vitaminas liposolubles y otros nutrientes, son lubricantes de maquinaria durante la elaboración del “pellet”, disminuyen el polvo e incrementan la palatabilidad del alimento⁷. Se usan aceites de algodón, canola, girasol, linaza, palma, soya y acidulado, así como grasa de pollos, bovinos, cerdos, pescados o sus mezclas que varían en calidad, composición y precio^{43,47}.

Mecanismo celular de oxidación de los ácidos grasos

La oxidación de los ácidos grasos (Figura 1) consiste en una serie de reacciones químicas mediadas por radicales libres en donde intervienen especies reactivas de oxígeno²⁹. La oxidación de los ácidos grasos se inicia en la fracción intracelular de los fosfolípidos de la membrana celular²⁵ y tiene tres etapas: iniciación, propagación y finalización.

En la primera, el radical libre ($R\cdot$) remueve al átomo de hidrógeno alílico, es decir del metileno más cercano a la doble ligadura de una molécula lipídica (LH), proceso relativamente fácil debido a la menor fuerza de enlace causada por los dobles enlaces contenidos en las AGPI que se encuentran formando las membranas celulares³⁸; esto provoca una reorganización electrónica del ácido graso que dará lugar a la formación de un radical lipídico ($L\cdot$).

En la segunda etapa se adiciona una molécula de oxígeno al radical $L\cdot$ para formar un radical peróxilo ($LOO\cdot$) que reacciona con otro lípido y genera un hidroperóxido ($LOOH$) y un radical lipídico ($L\cdot$)¹⁶. Finalmente, el proceso concluye cuando los radicales reaccionan entre sí y forman compuestos no radicales (CNR), como son cetonas, aldehídos, alcoholes y ésteres, o el sustrato oxidable se agota.

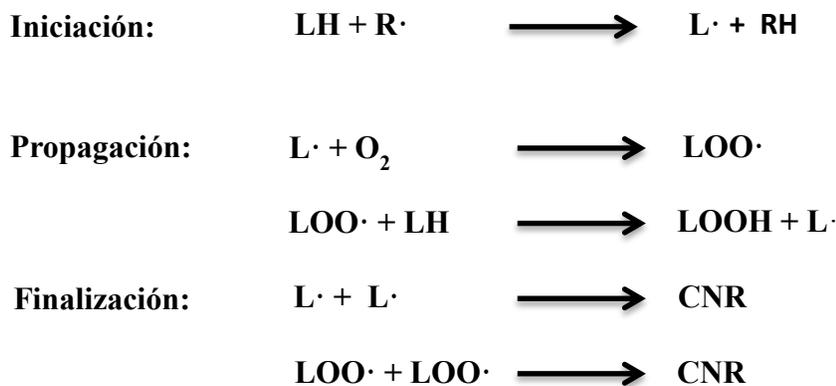


Figura 1. Reacciones producidas por la oxidación de lípidos¹⁶

En los organismos vivos, la oxidación lipídica se inhibe por la acción de las enzimas superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa; estas remueven los hidroperóxidos formados y evitan el daño celular a las membranas, principalmente en la mitocondria^{60,66}.

Proceso oxidativo en carne de pollo

La oxidación de los ácidos grasos en la carne inicia al momento que cesa la circulación de la sangre. Los fosfolípidos presentes en las membranas celulares son los

primeros en sufrir daño²⁴ y a partir de este momento, cualquier alteración física en la carne facilita la interacción de oxidantes con ácidos grasos y acelera el proceso oxidativo⁴.

El proceso oxidativo depende de la cantidad de mitocondrias en los tejidos. Por ejemplo, las fibras musculares del muslo tienen más mitocondrias, por tanto, pueden oxidarse fácilmente, comparadas con las fibras musculares de la pechuga²⁴. Por otro lado, el hierro libre facilita la remoción de un protón de los ácidos grasos insaturado (iniciación) catalizando la formación de hidroperóxidos en la propagación^{27,38}. Moléculas ricas en hierro, como la hemoglobina o mioglobina, pueden catalizar directamente la oxidación^{21,50} o el propio hierro podría ser transportado a través de la membrana celular a sitios donde pueden ser altamente reactivo³⁵, la cantidad de agua y proteína contenida en la carne podría acelerar la reacción³.

Factores que afectan la estabilidad de los ácidos grasos en la carne

Especie animal

Se ha mostrado que la susceptibilidad de la carne a la oxidación de lípidos es función de la especie⁷⁰; no todos los animales acumulan de la misma forma los AGPI en sus tejidos. Por ejemplo, la carne de guajolote es más sensible a la oxidación, seguida de la de pollo, cerdo y borrego. Esto puede explicarse porque la carne de guajolote tiene alto contenido de AGPI⁴⁹, así como hierro libre que puede funcionar como oxidante³⁷. Además, el guajolote no puede retener la vitamina E en sus membranas celulares, como lo hacen los pollos o cerdos⁴⁸.

En la carne de pollo se acumula la vitamina E, conforme aumenta su cantidad en el alimento¹⁸. Adicionando 30, 200 y 1000 mg de vitamina E kg⁻¹ de alimento para cerdo, resulta en un incremento de la vitamina E en las membranas de las mitocondrias⁶⁹. Por otro lado, la carne cruda es menos sensible a la oxidación de los lípidos, mecanismo que disminuye con la adición de vitamina E en la dieta¹⁸. Debido a que las membranas de la carne expuesta pueden saturarse de esta vitamina, la mayor cantidad que se puede agregar es de 200 mg kg⁻¹ de alimento. Se ha mostrado que al complementar la dieta de las aves con 200 mg de vitamina E kg⁻¹ de alimento, la carne cruda o cocida permaneció estable por 8 días en refrigeración a 4 °C⁵⁰.

Ácidos grasos en la carne de pollo

El perfil lipídico de la carne de pollo puede modificarse por las grasas adicionadas a la dieta. Al incrementar la cantidad de AGPI en las membranas celulares, la estabilidad oxidativa de la carne disminuye^{18,20}, debido a que aumenta el número de dobles enlaces³⁶. Los fosfolípidos son muy susceptibles a la oxidación²⁴, mientras que las proteínas, el agua, el hierro y la lipólisis en el músculo son factores que incrementan el proceso oxidativo de los tejidos³.

La fuente de energía de la dieta tiene efecto en la oxidación de la carne, mostrando una mayor oxidación en carne de aves alimentadas con aceite de soya crudo que en la de aves que recibieron una mezcla de grasas animales y vegetales, manteca de cerdo o aceite de palma, debido a la acumulación de ácidos grasos insaturados^{53,54}. El aceite de soya crudo se utiliza comúnmente para elaborar el alimento de las aves, esto significa que la carne resulta enriquecida con ácidos AGPI⁵³.

El ácido linoleico conjugado es un compuesto de interés debido a su efecto en el organismo y puede ser incorporado a la carne desde el alimento de los animales, mejora las variables productivas y en carne evita la acumulación de grasa insaturada en las fibras musculares incrementando la cantidad de ácidos grasos saturados, principalmente mirístico y palmítico⁷³.

El grado de insaturación de los ácidos grasos está en relación con el índice relativo de oxidación, aquellos que contienen 1, 2, 3, 4, 5 o 6 enlaces dobles tienen una velocidad de oxidación 0.025, 1, 2, 4, 6 y 8 veces mayor respecto a los saturados⁵¹. Independientemente de su sensibilidad para oxidarse, el consumidor la prefiere por la cantidad de AGPI⁸.

Antioxidantes en la carne de pollo

Al transformarse de músculo a carne, los antioxidantes endógenos dejan de funcionar; cambia el pH, para la estimulación eléctrica en los tejidos, la sangre residual de los tejidos, el hierro y el oxígeno facilitan la generación de radicales libres a partir de AGPI y la oxidación se propaga fácilmente⁴.

Para proteger a los ácidos grasos de la oxidación, el organismo utiliza retinol, vitaminas C y D, carotenoides y elementos traza, como Cu, Mn, Zn y Se, contenidos en los músculos como antioxidantes²⁴. Otra vía es administrar antioxidantes sintéticos o naturales (BHT, butil hidroxiltolueno, BHA, hidroxibutilanisol, EDTA, ácido etilendiaminotetraacético, nitrato sódico, ácido cítrico, ácido ascórbico, cisteína e histidina). Los extractos naturales de las plantas también funcionan como antioxidantes³⁴.

Los antioxidantes del alimento pueden proteger a la carne, debido a que se intercalan entre las membranas celulares⁵. Con este fin se han realizado estudios con: el ácido ascórbico¹⁴, la vitamina E¹⁸, el β -caroteno⁵⁸, la carnosina^{17,41,56} y compuestos naturales como: aceites de orégano, romero, canela, té negro y verde^{12,13}. Pero interesantemente los estudios han mostrado que la vitamina E tiene la mayor actividad antioxidante¹⁵.

La vitamina E es liposoluble, se absorbe con las grasas y se incorpora fácilmente a las membranas celulares, por lo que resulta ser un antioxidante eficaz que actúa en el inicio de la oxidación⁶⁹. Sin embargo, la vitamina E tiene un alto costo en el mercado; por lo que en la actualidad se están realizando investigaciones en busca de otros antioxidantes naturales más económicos y con funciones similares⁴².

Procesado de la carne de pollo

El picado, la cocción y el almacenamiento de la carne favorecen la acción de factores naturales oxidantes como es la luz y el oxígeno. Durante la cocción de la carne se libera el hierro, hemoglobina, mioglobina, ferritina y hemosiderina que forman quelatos con aminoácidos, nucleótidos y fosfatos causando la oxidación de los lípidos^{3,21,39,50}. El hierro sólo o unido al grupo hemo, se considera un fuerte pro oxidante. También la hemoglobina, la mioglobina y la ferritina. Sin embargo, sus formas de acción no se conocen²⁶.

Cualquier manipulación sobre la carne causa daño y altera la integridad de la membrana celular. Por ejemplo, deshuesar de forma manual o mecánica, el procesamiento y el cocimiento dañan a la carne cruda o cocida. Las tecnologías para elaborar productos

cárnicos aceleran el proceso oxidativo, por lo tanto, deben desarrollarse sistemas que garanticen la calidad de los productos²⁶.

Por otro lado, el oxígeno es el pro oxidante más abundante y su eliminación disminuye la oxidación de las grasas, incluso con AGPI en carne refrigerada o congelada¹. Por lo tanto, la oxidación de los ácidos grasos en la carne puede disminuir por medio de antioxidantes o mejorando las técnicas de empacado¹⁰.

Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos químicos que se añaden en pequeñas cantidades en los alimentos y su función es disminuir la oxidación de los ácidos grasos⁴⁶. Naturales o sintéticos, han sido utilizados comúnmente para disminuir el proceso oxidativo de la carne y sus productos¹. Pero los naturales son de fácil aceptación por el consumidor⁷³. Para clasificarlos se considera su origen y mecanismo de acción²⁹.

El Cuadro 2 muestra los antioxidantes naturales del organismo y su clasificación como enzimáticos y no enzimáticos. En el Cuadro 3 se muestran una clasificación de algunos de los antioxidantes que son adicionados a la carne²⁸. Los antioxidantes pueden mezclarse con la carne durante su procesamiento para disminuir su oxidación y mejorar sus características organolépticas.

Cuadro 2. Antioxidantes del organismo²⁸

Enzimáticos	No enzimáticos
Superóxido dismutasa	Proteínas
Catalasa	Ácido ascórbico
Glutación peroxidasa	Carotenoides
Ceruloplasmina	Nucleótidos

Cuadro 3. Antioxidantes adicionados a los alimentos²⁸

Fenoles	Flavonoides	Polifenoles	Espicias	Quelantes	Extractos de plantas
Tocoferol	Quercetina	Catequinas	<i>Rosmarinus</i> spp	Polifosfato	Té
BHA	Muricetina	Proantociadinas	<i>Syzygium</i> spp	EDTA	Nuez
BHT	Kaempferol	Taninos	<i>Thymus</i> spp	Ácido cítrico	Ajo
TBHQ	Krisina	Ácido elagico	<i>Origanum</i> spp	Lecitina	Mostaza
PG	Rutina	Ácido rosmarínico		Ácido fítico	

BHA: butilhidroxianisol, BHT: butilhidroxitolueno, TBHQ: Terbutilhidroquinona. PG: propilgalato, EDTA: ácidoetiléndiaminoetraacético.

Mecanismo de acción

Los antioxidantes pueden neutralizar a diferentes metabolitos reactivos de oxígeno (Cuadro 4). El efecto está en función del lugar donde el antioxidante se localice, su afinidad al medio y la capacidad que tenga para donar un hidrógeno⁷². Generalmente, los antioxidantes liberan un hidrógeno de su grupo hidroxilo (-OH), para neutralizar al radical lipídico y forman un complejo radical libre-radical aceptor⁵⁷. Sus efectos combinados son mayores que la suma de sus efectos individuales¹¹.

Cuadro 4. Mecanismo de acción de los antioxidantes¹¹

Especies reactivas de oxígeno	Antioxidante neutralizador
Radical hidróxilo	Vitamina C, glutatión, flavonoides, ácido lipoico
Radical superóxido	Vitamina C, glutatión, flavonoides
Peróxido de hidrógeno	Vitamina C, glutatión, beta caroteno, vitamina E, flavonoides, ácido lipoico
Peróxidos lipídicos	Beta caroteno, vitamina E, ubiquinona, flavonoides, glutatión peroxidasa

Antioxidantes sintéticos

Los antioxidantes sintéticos más utilizados son: butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), propilgalato (PG), terbutilhidroquinona (TBHQ) y ácido etiléndiamino tetraacético (EDTA)⁹. Desafortunadamente, hay evidencia de aparición y crecimiento de células cancerosas en el sistema digestivo de animales de laboratorio alimentados con estos compuestos^{31,32,55,71}. El riesgo aumenta si se consumen varios antioxidantes combinados³⁰. A partir de las primeras evidencias de los efectos nocivos de antioxidantes sintéticos, la adición de BHT en alimentos se suspendió en Japón, Canadá y países europeos⁶².

Antioxidantes naturales

Los antioxidantes naturales son fenoles, polifenoles, flavonoides o compuestos de los aceites esenciales. Debido a sus propiedades antioxidantes, las investigaciones relacionadas con estos compuestos aumentaron los últimos años. Su beneficio fisiológico en las personas que los ingieren ha sido demostrado en estudios epidemiológicos, principalmente para disminuir problemas cardiovasculares y cáncer^{11,19}. Los antioxidantes naturales más estudiados son: tocoferoles, tocotrienoles, sesamol, gosispol, glutatión, ascorbato, prolina, betaína, fenoles, timol, carvacrol, vitamina C, β -caroteno y selenio^{23,33,40}. De todos ellos, el α -Tocoferol es el antioxidante natural más importante, debido a su capacidad para intercalarse entre las membranas celulares y permanecer cercano a los AGPI⁶⁹. El estudio de estos productos aumenta por la demanda del consumidor que elige productos saludables y de buena calidad^{68,73}.

Conclusión

La carne de pollo es un alimento de excelente calidad proteica para el hombre, contiene una cantidad abundante de ácidos grasos que puede aumentar a través de las fuentes concentradas de energía adicionadas al alimento. Sin embargo, al realizar el aporte energético con ácidos grasos insaturados es necesario administrar antioxidantes al momento de procesar el alimento para disminuir la oxidación de lípidos en la carne. Estos antioxidantes pueden ser sintéticos, pero su uso va en descenso debido a que pueden

estimular procesos patológicos en las paredes gástricas del estómago. Pero también pueden adicionarse antioxidantes naturales, este manejo puede llegar a ser una alternativa debido a que hasta el momento los productos obtenidos de la naturaleza han sido inocuos para el hombre, además ofrecen beneficios fisiológicos adicionales en el organismo cuando los consumimos a través de los alimentos.

Referencias:

1. Ahn, D. U. Wolfe, F. H. y Sim, J. S. (1993). Prevention of lipid oxidation in pre-cooked turkey meat patties with hot packaging and antioxidant combinations. *Journal Food Science*. 58: 283-287.
2. Alonso, P. F. A. y Acevedo, R. B. (2009). Análisis de algunos aspectos económicos en la avicultura productora de carne de pollo. *Ganadería y seguridad alimentaria en tiempo de crisis*. Universidad Autónoma de Chapingo. 1^{ra} Ed. México, D.F. pp: 337.
3. Ang, C. Y. W. (1988). Comparison of broiler tissues for oxidative changes after cooking and refrigerated storage. *Journal Food Science*. 53: 1072-1075.
4. Asghar, A. Gray, J. I. Buckley, D. J. Pearson, A. M. y Booren, A. M. (1988). Perspectives in warmed-over flavour. *Journal Food Science and Technology*. 42: 102.
5. Asghar, A. Lin, C.F. Gray, J. I. Buckley, D. J. Booren, A. M. y Flegal, C. J. (1990). Effects of dietary oils and α -tocopherol supplementation on membranial lipid oxidation in broiler meat. *Journal Food Science*. 55: 46-51.
6. Bagga, D. Capone, S. Wang, H. Heber, H. Lill, M. Chap, L. y Glaspy, J. (1997). Dietary modulation of omega-3 omega-6 polyunsaturated fatty acid ratios in patients with breast cancer. *Journal of the National Cancer institute*. 15: 1123-1131.
7. Baião, N. C. y Lara, L. J. C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *British Journal of Poultry Science*. 7: 129-141.
8. Barroeta, A. C. (2007). Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *Poultry Science*. 63: 277-284.
9. Bernal, M. E. G. Mendonça, C. X. y Filho, J. M. (2003). Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales. *British Journal of Pharmaceutical Research*. 39: 425-432.
10. Bonoli, M. M. Fiorenza, C. M. Rodriguez-Estrada, T. y Lercker, G. (2007). Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. *Food Chemical*. 101: 1327-1337.
11. Borek, C. (2004). Dietary antioxidants and human cancer. *Integrative Cancer Therapies*. 3: 333-341.
12. Botsoglou, N. A. Christaki, E. Fletouris, D. J. Florou-Paneri, P. y Spais, A. B. (2002a). The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*. 62: 259-265.
13. Botsoglou, N. A. Florou-Paneri, P. Christaki, E. Fletouris, D. J. y Spais, A. B. (2002b). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *Britis Poultry Science*. 43: 223-230.
14. Bou, R. Guardiola, F. Grau, A. Grimpa, S. Manich, A. Barroeta, A. R. y Codony, R. (2001). Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science*. 80: 1-8.

15. Buckley, D. J., Morrissey, P. A. y Gray, J. I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal Animal Science*. 73: 3122-3130.
16. Buettner, G. R. (1993). The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation, α -tocopherol, and ascorbate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 300: 535-543.
17. Burton, G. W. Foster, D. D. Perly, B. Slater, T. F. I. Smith, C. P. y Ingold, K. U. (1985). Biological antioxidants. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 311: 565-576.
18. Cortinas, L. Barroeta, A. Villaverde, C. Galobart, J. Guardiola, F. y Baucells, M. D. (2005). Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poultry Science*. 84: 48-55.
19. Cozzi, R. Ricordy, R. Aglitti, T. Gatta, V. Petricone, P. y Salvia, R. (1997). Ascorbic acid and β -caroteno as moduladors of oxidative damage. *Carcinogenesis*. 18: 223-228.
20. Crespo, N, y Esteve-García, E. (2002). Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science*. 81: 1533-1542.
21. Decker, E. A. Crum, A. D. Shantha, N. C. y Morrissey, P. A. (1993). Catalysis of lipid oxidation by iron from an insoluble fraction of beef diaphragm muscle. *Journal Food Science*. 58: 233-236.
22. Gonzalo, M. P. (1997). Tabla de composición de alimentos. *Nutricia*, S. A. Madrid, España. Pp: 16.
23. Goñi, I. Brenes, A. Centeno, C. Viveros, A. Saura-Calixto, F. Rebole, A. Arijia, I. y Estevez, R. (2007). Effect of dietary grape pomace and vitamin E on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. *Poultry Science*. 86: 508-516.
24. Gray, J. I, y Pearson, A. M. (1987). Rancidity and warmed-over flavour. In A. M. Person & T. R. Dutson (Eds) *Advance in Meet Research*. Pp: 221-269.
25. Gray, J. I. y Monahan, F. J. (1992). Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology*. 3: 315-319.
26. Gray, J. I. Goma, E. A. y Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*. 43: 111-123.
27. Gutteride, J. M. Richmond, R. y Halliwell, B. (1986). Inhibition of iron-cata-lysed formation of hydroxil radicals from superoxide and of lipid peroxidation by desferrioxamine. *Journal Biochem-Tokio*. 184: 469-472.
28. Grün, I. U. Ahn, J. Clarke, A. D. y Lorenzen, C. L. (2007). Use of natural antioxidant systems is a viable approach to reduce oxidative deterioration and warmed-over flavour development in meat products. *Food Technol-Chicago*. 60: 37-43.
29. Halliwell, B. Murcia, M. A. Chirico, S. y Aruoma, O. I. (1995). Free radicals and antioxidants in vivo: what they do and how they work. *Critical Review in Food Science and Technology*. 35: 7-20.
30. Hirosel, M. Takesada, Y. Tanaka, H. Tamano, S. Kato, T. y Shirai, T. (1997). Carcinogenicity of antioxidants BHA, caffeic acid, sesamol, 4-methoxyphenol and catechol at low doses, either alone or in combination, and modulation of their effects in a rat medium-term multi-organ carcinogenesis model. *Journal of Carcinogenesis*. 19: 207-212.
31. Imaida, K. Fukushima, S. T. Shirai, M. Ohtani, K. Nakanishi, y Ito, N. (1983). Promoting activities of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene on 2-stage urinary bladder carcinogenesis and inhibition of γ -glutamyl transpeptidase-positive foci development in the liver of rats. *Journal of Carcinogenesis*. 4: 895-899.
32. Ito, N. Fukushima, S. Hagiwara, A. Shibata, M. y Ogiso, T. (1983). Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *Journal of the National Cancer Institute*. 70: 343-352.

33. Jamilah, M. B. Abbas, K. A. y Rahman, R. A. (2008). A review on some organic acids additives as shelf life extenders of fresh beef cuts. *Journal of Agricultural and Biologicals Science*. 3: 566-574.
34. Kanatt, S. R. Paul, P. S. D´Souza, F. y Thomas, P. (1998). Lipid oxidation on chicken meat during chilled storage as affected by antioxidants combined with low-dose gamma irradiation. *Journal Food Science*. 63: 198-200.
35. Kanner, J. Harel, S. y Hazan, B. (1986). Muscle membranal lipid peroxidation by an "iron redox cycle" system: initiation by oxy radicals and site-specific mechanism. *Journal Agriculture Food Chemical*. 34: 506-510.
36. Kanner, J. German, J. B. y Kinsella, J. E. (1987). Initiation of lipid peroxidación in biological systems. *Critical Review Food Science*. 25: 317-364.
37. Kanner, J. Hazan, B. y Doll, L. (1988). Catalytic "free" iron in muscle foods. *Journal of Agricultur and Food Chemistry*. 36: 412-415.
38. Kanner, J y Rosenthal, I. (1992). An assessment of lipid oxidation in foods. *Pure and Applied Chemistry*. 64: 1959-1964.
39. Kanner, J. Harel, S. y Granit, R. (1992). Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. In: *Proc. 38th International Congress Meat Science Technical*. Clermont-Ferrand, France. Pp: 111-125.
40. Karou, D. H. M. Dicko, J. Simpore, y Traore, A. S. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *Journal of Biotechnology*. 4: 823-828.
41. Kohen, R., Yamamoto, Y. Lundy, K. C. y Ames, B. N. (1988). Antioxidant activity of carnosine, homocarnosine and anserine present in muscle and brain. *Proceedings of the National Academy of Science*. 85: 3175-3179.
42. Lee, K. W. Everts, H. y Beynen, A. C. (2004). Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science*. 3: 738-752.
43. Leeson, S., y Summer, J. D. (2001). *Summers Nutrition of the chicken*. 4th ed. Ontario: University Books. Pp: 413.
44. Leeson S. y Summers, J. D. (2005). *Commercial poultry nutrition*. University Books. Ontario, Canada. Pp: 405.
45. Lin, C. F. Gray, J. Ashgar, I. A. Buckley, D. J. Booren, A. M. y Flegal, C. J. (1989). Effects of dietary oils and α -tocopherol supplementation on lipid composition and stability of broiler meat. *Journal of Food Science*. 54: 1457-1460.
46. Liu, Q. Lanari, M. C. y Schaefer, D. M. (1995). A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal Animal Science*. 73: 3131-3140.
47. López-Ferrer, S. Baucells, M. D. Barroeta, A. C. y Grashorn, M. A. (1999). N-3 enrichment of chicken meat using fish oil: Alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poultry Science*. 78: 356-365.
48. Marusich, W. L. De Ritter, E. Keating, E. F. Mitrovic, M. y Bunnell, R. H. (1975). Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. *Poultry Science*. 54: 831-844.
49. Mercier, Y. Gatellier, P. Remignon, M. y Renerre, M. (1998). Effect of dietary fat and vitamin E on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Science*. 48: 301-317.
50. Monahan, F. J. Buckley, D. J. Gray, J. I. Morrissey, P. Asghar, A. A. Hanrahan, T. J. y Lynch, P. B. (1990). Effect of dietary vitamin E on the stability of raw and cooked pork. *Meat Science*. 27: 99-108.
51. Morrissey, P. A. Sheehy, P. J. A. Galvin, K. Kerry, J. P. y Buckley, D. J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*. 49: 73-86.

52. Mouroto, J. y Hermier, D. (2001). Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction Nutrition Developmen.* 41: 109-118.
53. Narciso-Gaytán, C. Shin, D. A. Sams, R. Bailey, C. A. Miller, R. K. Smith, S. B. Leyva-Ovalle, O. R. y Sanchez-Plata, M. X. (2010a). Soybean, palm kernel, and animal-vegetable oils and vitamin E supplementation effect on lipid oxidation stability of sous vide chicken meat. *Poultry Science.* 89: 721-728.
54. Narciso-Gaytán, C. Shin, D. A. Sams, R. J. Keeton, T. Miller, R. K. Smith, S. B. y Sanchez-Plata, M. X. (2010b). Dietary lipid source and vitamin E effect on lipid oxidation stability of refrigerated fresh and cooked chicken meat. *Poultry Science.* 89: 2726-2734.
55. Niki, D., Yamamoto, Y. Komuro, E. y Sato. K. (1991). Membrane damage due to lipid oxidation. *The American Journal the Clinical Nutrition.* 53: 201-205.
56. O'Neill, L. M. Galvin, K. Morrissey, P. A. y Buckley, D. J. (1999). Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science.* 52: 89-94.
57. Percival, M. (1996). Antioxidants. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1: 1-4.
58. Ruiz, J. A. Pérez-Vendrell, A. M. y Esteve-García, E. (1999). Effect of β -carotene and vitamin E on peroxidative stability in leg meat of broilers fed different supplemental fats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry.* 47: 448-454.
59. Rymer, C. Gibbs, R. A. y Givens, D. I. (2010). Comparison of algal and fish sources on the oxidative stability of poultry meat and its enrichment with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science.* 89: 150-159.
60. Sárraga, C. Carreras, I. y García, R. J. A. (2002). Influence of meat quality and NaCl percentage on glutathione peroxidase activity and values for acid-reactive substances of and dry-cured *Longissimus dorsi*. *Meat Science.* 62: 503-507.
61. Schwalfenberg, G. (2006). Omega-3 fatty acids their beneficial role in cardiovascular health. *Canadian Family Physician.* 52: 734-740.
62. Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung.* 44: 158-163.
63. Shin, D. Narciso-Gaytán, C. Park, J. H. Smith, S. B. Sanchez-Plata, M. X. y Ruiz-Feria, C. A. (2011). Dietary combination effects of conjugated linoleic acid and flaxseed or fish oil on the concentration of linoleic and arachidonic acid in poultry meat. *Poultry Science.* 90: 1340-1347.
64. Suksombat, W. Boonmee, T. y Lounglawan, P. (2007). Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. *Poultry Science.* 86: 318-324.
65. Tanaka, K. Ohtani, S. y Shigeno, K. (1983). Effect of increasing dietary energy on hepatic lipogenesis in growing chicks. Increasing energy by carbohydrate supplementation. *Poultry Science.* 62: 445-541.
66. Thurnham, D. (1990). Antioxidants and prooxidants in malnourished populations. *Proceedings of the Nutrition Society.* 49: 247-259.
67. UNA. Unión Nacional de Avicultores. (2009). Compendios de indicadores económicos del sector avícola 2009. Dirección de Estudios Económicos, México, D.F. Pp: 106.
68. Weiss, J. Gibis, M. Schuh, V. y Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science.* 86: 196-213.
69. Wen, J. Morrissey, P. A. Buckle, D. J. y Sheehy, P. J. A. (1997). Supranutritional Vitamin E supplementation in pigs: influence on subcellular deposition of α -tocopherol and on oxidative stability by conventional and derivative spectrophotometry. *Meat Science.* 47: 301-310.

70. Wilson, B. R. Pearson, A. M. y Shortland, F. B. (1976). Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavour in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *Pacific Agri-Food Research*. 24: 7-11.
71. Yang, H. W. Hwang, K. J. Kwon, H. C. Kiml, H. S. Cho, K. W. y Oh, K. S. (1998). Detection of reactive oxygen species (ROS) and apoptosis in human fragmented embryos. *Human Reproduction*. 4: 998-1002.
72. Yanishlieva, N. V. Marinova, E. M. Gordon, M. H. y Raneva, V. G. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipids systems. *Food Chemical*. 64: 59-66.
73. Zhang, W, Xiao, S. Samaraweera, H. Joo, E. L. y Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*. 86: 15-31.

CAPÍTULO 7

PRODUCCIÓN, INOCUIDAD Y COMERCIALIZACIÓN DE LA CARNE DE CONEJO

María del Rocio Parada Hernández

Introducción

Es común escuchar en el refranero popular “se reproducen como conejos” es conocido de esta especie su gran prolificidad, sin embargo la crianza de conejos en sistemas intensivos implica una serie de factores con los que hemos de estar lidiando día a día y que hemos de tomar en cuenta cuando nos aventuramos a establecer explotaciones de un tamaño considerable. El conejo es originario de la península ibérica y norte de África, el conejo doméstico fue traído a América por los españoles, en México se cuenta con un género nativo el *Silvilagus*, con variedades regionales, como el *S. andubonii* (generalizado en todo el territorio), *S. brasiliensis* (sudeste), *S. floridanus* (en el centro), *S. bachmani* (Baja California) y el Zacatuche que habita en la zona de los volcanes; Fray Bartolomé de las Casas menciona que los nativos utilizaban las pieles de conejo para protegerse del frío y Bernal Díaz del Castillo menciona que en los tianguis de la Gran Tenochtitlán se realizaba trueque con el conejo, gran relevancia toma el hecho que el Tochtly es el octavo de los 20 símbolos del calendario azteca, que era su visión cosmológica del mundo, considerado el símbolo de la fertilidad y descendiente de Mextli (la luna), el Omechtotly (dos conejos) es el dios del pulque, dios de las bebidas embriagadoras³.

Me gusta hacer mención a que el conejo ha sido protagonista en la alimentación en situaciones adversas, por ejemplo, en Europa y Japón se considera “la carne de la guerra”, ya que durante la Segunda Guerra Mundial, permitió hacer frente a la penuria de carne procedente de las especies grandes, influyendo también en aspecto social, ya que cuando los varones se fueron al campo de batalla, las mujeres al quedarse al cuidado de la casa y a la atención de la familia, la crianza del conejo representó una opción de poder generarse su propio alimento, en espacios reducidos y aprovechando el material vegetal disponible.

En México en los años setentas³, el conejo recibió mucha atención por parte de las políticas del gobierno federal enfocadas al sector rural, el objetivo era fomentar la cría de especies menores, utilizando los recursos locales y generar proteína de calidad para el autoconsumo y la comercialización de los subproductos para aumentar los beneficios en las comunidades. Se enfocaron sobre tres aspectos prioritarios:

- Llamar la atención de los medios de comunicación sobre las cualidades y características del conejo.
- Enseñar los medios técnicos elementales a los cunicultores y mandos técnicos intermedios.
- Producir los animales reproductores o pies de cría.

Dentro del contexto de estas políticas se consideraron varios Componentes:

Componente histórico: El conejo era conocido en el medio rural desde tiempos prehispánicos y posteriormente fue introducido el conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) durante la conquista, su consumo es más común y popular en las poblaciones del centro del país y entre los oriundos de Europa.

Componente Medio Ambiente: En el mosaico de las zonas agroclimáticas que constituyen México, el conejo prefiere las zonas templadas o frías, con pluviometría media, ya que padece más con el calor que con el frío, sin embargo, experimentaciones en climas cálidos y húmedos, como Colima, por ejemplo, demuestran que la especie tiene un gran potencial de adaptación.

Componente Animal: Siempre se recomendará el utilizar una raza local cuando la haya, y está comprobado que los animales híbridos se adaptan mejor que los animales seleccionados para sistemas de producción muy determinados, la mayoría de los conejos que encontramos en las granjas provienen de las estirpes Nueva Zelanda y California, que son las que han mostrado mejor adaptación y producción en las diferentes regiones del país.

Componente Humano: Demográficamente se observa un éxodo rural, con una fuerte emigración hacia Estados Unidos y una subnutrición en las zonas rurales en constante aumento.

Componente Socioeconómico: El consumo de productos animales crece, sobre todo en el medio urbano, pero va en retroceso en la zona rural, situación sobre la que la generación de proteína para su autoconsumo se consideró beneficiosa.

Bajo estas premisas se trabajó el Programa de los Paquetes Familiares, la Dirección General de Avicultura y Especies Menores fue la encargada de editar folletos, publicaciones, revistas y documentos audiovisuales informativos como material pedagógico, los cuales eran difundidos por un técnico promotor, que a nivel de la comunidad fue el encargado de enlistar a los interesados o beneficiarios de los paquetes. A un nivel más intensivo, hubo empresarios que invirtieron en explotaciones de un tamaño considerable, pero se empezaron a generar diversos factores desfavorables o que no se habían considerado, el clima obligo a invertir en las instalaciones para controlar mejor el ambiente, el incipiente nivel de los técnicos, la mala calidad de los alimentos balanceados³.

Las estructuras de comercialización que no permitían que la oferta y la demanda pudieran equilibrarse; el exceso de producción ocasionó la caída de los precios, desaparecieron criaderos, el mercado de los reproductores se vio en crisis, la producción bajo y la demanda generada ya no fue satisfecha a pesar de las campañas publicitarias. El gobierno federal suprimió las actividades de formación y desarrollo la producción bajo y a finales de 1988 apareció la Enfermedad Hemorrágica Viral; se prohibió la vacunación, se identificaron los focos de infección y se mataron los animales contaminados, los expertos quedaron sorprendidos de la importancia de la cría del conejo en el medio urbano sobre todo del D.F. y área metropolitana, sin embargo la campaña de control repercutió negativamente en el consumo.

Producción de carne de conejo

El conejo es un herbívoro capaz de aprovechar los forrajes transformando proteínas vegetales que el hombre consume poco en proteínas de alto valor biológico, la cecotrofia, particularidad de la digestión del conejo, permite que el colon fabrique 2 tipos de heces, unas duras y otras blandas, las duras se eliminan y las blandas las recupera el animal de su

ano, con un alto contenido bacteriano de buen valor biológico así como vitaminas hidrosolubles, lo que permite que el animal haga un buen aprovechamiento de los forrajes.

La coneja no tiene un celo estral definido, puede aceptar la monta al día siguiente del parto y la ovulación es inducida por el coito, su gestación dura 31 días y después de 65 días ya contamos con un animal rendido que ya puede ser sacrificado para el consumo de su carne, en los actuales sistemas de producción en el país es práctica habitual realizar la monta a los 11 días post-parto, por lo que la hembra a la vez que está lactando ya está preñada y al tiempo que desteta su camada, se lleva a una jaula con nido para que tenga su parto, esto nos permite lograr hasta 8 partos por hembra en un año.



Imagen 1. Apareamiento de animales de la Raza Nueva Zelanda (Rocio Parada, Granja del Centro Nacional de Cunicultura, 2015)

El manejo reproductivo de las hembras se inicia a los 120-130 días, el celo de la coneja se considera “permanente” y la ovulación es inducida por la monta (coito), ésta sucede de 10 a 12 horas después del apareamiento, característica le permite a la hembra aceptar la monta al día siguiente de que haya parido, sin embargo, esta práctica no es recomendable, hace 5 años una empresa de balanceados quiso promover la monta 7 días post-parto ocasionando un desgaste en la condición corporal de la hembra que posteriormente vino a repercutir primero en la producción láctea y por ende en el peso al

destete, luego en la fertilidad y en la producción general de la explotación, si bien esta empresa ofrece una alimentación especial para los machos, los gazapos destetados, las hembras lactando y la engorda, el productor es reacio a utilizar tanta variedad alimenticia, y otro aspecto a considerar es una adecuada previsión y el manejo de los reemplazos, clave para mantener una producción constante a lo largo del año.



Imagen 2. Nave Industrial (Union Ganadera Regional de Guanajuato)
(Rocio Parada, Granja del Centro Nacional de Cunicultura, 2015)

La reposición en cunicultura es un aspecto poco considerado y atendido pero muy importante, porque debemos evitar el envejecimiento de nuestras granjas, obligamos al animal a producir más, esta presión nos obliga a prestar atención a la renovación de los reproductores, ya sea por la mortalidad que se llega a presentar en la granja, por reproductores que lleguen a presentar alguna enfermedad, por mala producción o porque ya completaron su ciclo de producción o ya son animales viejos, ahí la importancia del uso de los registros productivos para constantemente estar al pendiente del comportamiento productivo del pie de cría. Se maneja una reposición anual en granja de 80 a 100% para explotaciones comerciales enfocadas a la generación de conejos destinados al sacrificio y de hasta 140% si se trata de una granja que se dedique a la venta de pie de cría.



Imagen 3. Tatuado de un reemplazo
(Rocio Parada, Granja del Centro Nacional de Cunicultura, 2015)

Desde finales de la década de los 90's a destacado un grupo de productoras de la sierra de Querétaro, donde un común denominador es la emigración de los jefes de familia a Estados Unidos y los conejos le permiten a las jefas de casa generarse animales para el autoconsumo de su carne y poder contar en su alimentación con proteína de calidad. Destacan los casos de productoras que se han capacitado en el curtido y confección de las pieles y les han dado un valor agregado, lo que les ha facilitado la comercialización de estas, en las zonas turísticas con las que cuenta su estado.



Imagen 4. Granja de traspatio en la sierra gorda de Queretaro
(Griselda Gomez, Sierra Gorda de Queretaro, 2014)

Es común que cuando una persona interesada se acerca pregunte con cuantos conejos debe empezar, siempre le respondo, que cual es el requerimiento del mercado que va a atender, porque esta es la cuestión determinante del tamaño de la explotación, otro aspecto importante es si ya se tiene experiencia o conocimiento previo en la crianza. La crianza de conejos semi intensiva en México, se realiza en jaulas de alambre colocadas a un mismo nivel o a veces en batería, machos y hembras se alojan individualmente, la engorda se maneja en forma colectiva de 6 a 8 animales, por cada coneja pie de cría con que contemos hemos de considerar una jaula más para la camada de gazapos que ha de destetar, es recomendable que las hembras reciban iluminación para que produzcan todo el año, se suministra alimento balanceado de 2 tipos, uno para las conejas lactantes y otro para la engorda, el agua se distribuye con bebederos automáticos. Se desteta a los 35 días y la engorda dura de 30 a 35 días, influye sobre todo la genética que se utilice, el animal al nacer pesa 50-60 g, se desteta de 700 a 800 g y finaliza de 2 kilogramos, con un alimento balanceado se puede llegar a tener incrementos diarios de 35 a 40 g por día.



Imagen 5. Gazapos recién nacidos en un nido de una hembra con excelente habilidad materna (Rocio Parada, Granja del Centro Nacional de Cunicultura, 2015)

Sanidad y patologías en las granjas de conejos

En México nos encontramos en un paraíso sanitario en cuestión de enfermedades del conejo, México está libre de Fiebre Hemorrágica Viral, enfermedad que desbastó a la cunicultura del país a finales de los 80`s, se logró erradicar la enfermedad y se cerraron las fronteras a la importación de animales, y no nos vemos en la necesidad de aplicar vacunas ya que no están presentes las enfermedades virales.

Una profilaxis higiénica diaria reducirá el microbismo y la contaminación del criadero y permitirá a la explotación ser rentable y viable. Los problemas con los que convivimos a diario son:

Diarreas. Las cuales pueden ser ocasionadas hasta por una cuestión emotiva; un bajo nivel de fibra merma el peristaltismo, disminuye el tránsito intestinal, hasta la paralización total de la cecotrofia, otro de los factores son la formulación de la ración, el utilizar materias primas que promuevan la alcalinización del contenido del ciego son detonantes de problemas digestivos.

Afecciones respiratorias: Hay que evitar los enfriamientos bruscos, el polvo, la humedad relativa combinada, las altas temperaturas, el amoniaco y los gases nocivos, si se descuidan alguno de estos factores la Pasterelosis que siempre está al acecho encuentra el ambiente idóneo para desarrollarse, la *Pasterella* no solo afecta el sistema respiratorio, otras formas de manifestarse son: abscesos, mamitis, metritis, otitis, septicemia.

Las enfermedades virales comunes en las granjas en los países altamente productores son la Mixomatosis y la Fiebre Hemorrágica Viral. En la Mixomatosis se observa una inflamación de las mucosas que forma pequeños tumores, primero en los bordes de las orejas y después en todo el cuerpo, creciendo y ocasionando la deformación de toda la cabeza. En la Fiebre Hemorrágica Viral (VHD) los animales finalizados y los adultos son los más sensibles, los síntomas son fiebre, muerte convulsiva y la hemorragia por los orificios naturales del cuerpo del animal, las lesiones son el síndrome hemorrágico generalizado en aparato respiratorio, hígado e intestino, con un defecto de coagulación evidente⁴.

Hay afectaciones en el animal con mucho efecto sobre la producción mermando los rendimientos económicos, y que pueden ser prevenidas con manejo e higiene como: los abscesos plantares o “mal de patas”, la mal oclusión dental, la sarna en las orejas y enfermedades de la piel.

Inocuidad de la carne de conejo

La salud pública ha tomado relevancia internacional, los intercambios comerciales exigen asegurar la calidad y así obtener alimentos seguros para la salud humana, enfocándose a cómo evitar o reducir las probabilidades de que se desarrolle cualquier situación biológica, química o física inaceptable para la salud del consumidor. En nuestro país el sacrificio de los animales se realiza en la granja, o bien en la cocina del cunicultor, o en un lugar que el productor a destinado para tal fin, pero que no se apegan a la normatividad existente, la cual además está enfocada a regular las condiciones de sacrificio y faenado de las especies que son de consumo habitual (bovinos, cerdos, aves, etc).

El Rastro para Conejos del Centro Nacional de Cunicultura de la Union Ganadera Regional de Guanajuato logro la certificación TIF en Diciembre del 2015, asignándole el número 655, para lograr esta certificación fue remodelado en su totalidad y se apego a la normatividad aplicable:

- Ley Federal de Sanidad Animal.
- NOM-008-ZOO-1994, que indica las especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.
- NOM-009-ZOO-1994, que indica el proceso sanitario de la carne.
- NOM-033-ZOO-1995, que indica el sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

Existe una norma de carácter voluntario que elaboró un grupo de trabajo interesados en establecer lineamientos que permitiera a los compradores caracterizar y homogenizar las canales que llegan al consumidor final, esta norma es la NMX-FF-105-SCFI-2005-Productos Pecuarios- Carne de Conejo en Canal- Calidad de la Carne- Clasificación.

Los objetivos sanitarios básicos de un rastro son:

- El sacrificio para la comercialización de las carnes, exclusivamente de conejos aptos para el consumo humano.
- El faenado de las canales debe tener como resultado una carne de máxima calidad higiénico-sanitaria.
- Eliminar los riesgos de transmisión de sustancias nocivas o agentes patógenos a través de la carne.

El objetivo que busca esta normatividad es mantener la bioseguridad y en consecuencia la salud humana; garantizar el reducir los riesgos de producir alteraciones en el organismo de los consumidores, peligros fundamentales como:

- Peligros toxicológicos: agudos (poco frecuentes) y crónicos (efectos teratógenos o carcinógenos)
- Peligros microbiológicos: La transmisión de microorganismos con resistencia frente a los antimicrobianos.
- Peligros sobre el sistema inmunitario: No son muy frecuentes pero un alto porcentaje de la población presenta hipersensibilidad a fármacos.
- Peligros al medio ambiente: Por el control y tratamiento de los desechos de las plantas de sacrificio.

La carne de conejo se maneja congelada, se aprovecha las redes de distribución de los centros comerciales, los cuales son CEDIS certificados TIF, lo que obligó al rastro del Centro Nacional de Cunicultura a buscar el financiamiento para apegarse a ésta normatividad. Se iniciaron trabajos en el 2011 y logro la certificación en Diciembre del 2015, los criterios aplicados en la remodelación fueron:

- Respetar el flujo del proceso (evitar la contaminación cruzada)
- La adquisición de un aturdidor (para realizar el sacrificio humanitario del animal)
- Se delimito el área sucia
- Se construyeron: Vestidores para el personal (separado hombres y mujeres), oficina para el MVZ, comedor, almacén para los materiales para el empaque del producto
- El andén de descarga o llegada del animal
- Se equipó el pasillo de faenado con tarjas de acero inoxidable

- Se fabricaron carritos de acero inoxidable para escurrir las canales
- Se construyó una cámara de frío para bajar la temperatura de la canal
- Se construyó y equipó la sala de empaque -de la canal-
- Se construyeron y equiparon 2 cámaras de congelación para el almacenamiento del producto



Imagen 6. Faenado de Conejos en el Rastro de Conejos TIF 655
(Rocio Parada, Rastro de Conejos TIF 655, 2015)

Comercialización de la carne de conejo

Sobre el consumo de la carne de conejo influyen muchos los hábitos culturales de cada país, en Europa su consumo es considerable mientras que para los países anglosajones es un animal de compañía. En México el conejo lo consume la gente de las zonas rurales y aéreas semi urbanas que lo genera en sus patios para autoconsumo y en restaurantes donde se ofrece como platillos gourmet donde su precio es muy elevado

La carne de conejo es blanca jugosa y con aroma agradable; tiene un alto contenido proteico, si bien la calidad de la proteína no varía de una carne a otra, su contenido proteico es más alto que en otras carnes.

Tabla 1. Composición de la canal en diferentes animales²

Tipo de canal	Peso aproximado en kg	Proteína %	Grasa %
Ternera	150-200	14-20	8-10
Res	200-300	15-21	12-19
Cerdo	70-80	12-16	30-38
Cordero	5-10	11-16	20-25
Pollo	1.5-2.0	12-18	9-14
Conejo	1-1.3	19-25	3-6

El contenido de grasa es bajo, tiene un bajo contenido de ácidos esteárico y oleico y una alta proporción de ácidos grasos esenciales poliinsaturados como el linoleico y linolénico, el colesterol está en un valor de 50-80 mg/100 gr, cuando en las rojas se encuentra de 90-160 mg/100 gr. La grasa se concentra mayormente en los riñones, el muslo y el lomo (que representa más de 2 tercios de la canal) no tienen grasa infiltrada entre las fibras musculares. Su digestibilidad es elevada, ofrece múltiples posibilidades culinarias, tiene un tamaño apto para una comida familiar, y como los animales se sacrifican a partir de las 9 semanas se trata de animales tiernos.

La carne de conejo se recomienda para las personas que quieran reducir los riesgos de los problemas cardiovasculares.

Tabla 2. Desglose de las partes del conejo²

Concepto	%	g
Peso vivo	100	2000
Sangre	2	80
Piel (incluyendo orejas)	12	240
Patatas	4	80
Vísceras	21	420
Peso canal	57	1140
Cabeza y pulmones	5	100
Hígado, corazón, riñones	4	80

En el 2008, la empresa Alducin y Asociados¹ realizó un estudio de mercado para la Asociación Nacional de Cunicultores, cuyos objetivos fueron: Conocer la demanda en diferentes regiones del país, identificar los factores que promueven o inhiben su consumo, estimar la competencia con otros cárnicos y su posible sustitución, en sus resultados destaca lo siguiente:

- Las personas entrevistadas desconocen sus características
- Al adquirir una carne la principal característica que considera es que sea fresca
- Se consume más en reuniones familiares que fuera de casa
- La adquiere directo al productor
- Preferiría adquirirla fresca
- La compra la decide el ama de casa
- La ha consumido guisada y rostizada
- Prefieren más el pernil y menos la cabeza
- Quien tiene el gusto no la consume porque no la venden cerca
- Sabe o conoce del conejo que se puede cocinar como el pollo y que tiene buenas cualidades nutritivas

Les comentaré las experiencias particulares de comercialización que el Centro Nacional de Cunicultura ha enfrentado a partir del año 2000. El Centro tiene una población de pie de cría de 1000 hembras en producción, la granja está organizada bajo un sistema de manejo en bandas semanal, por lo que cada semana hay nacimientos, destetes y animales finalizados listos para su venta o bien en el peso que demanda el mercado. Si bien el objetivo del centro es la generación y venta de reproductores, esta venta tienen fluctuaciones variables a lo largo del año, además es mayor la demanda de hembras que de machos, lo que genera semanalmente animales a sacrificio. Por muchos años se ha sido proveedor del Centro Comercial específicamente Soriana, aprovechando las ventajas de distribución con que cuentan y hasta el año 2010 estuvieron adquiriendo y recibiendo nuestro producto en su CEDIS de perecederos de la zona metropolitana del Centro del país, sin embargo por no contar con la certificación TIF ya no fue posible comercializar a través de su red de distribución.

Ante esta situación se buscó el trabajar ventas a detalle, entregando por tienda, pero los horarios de reciba y los volúmenes entregados, no se pudieron establecer rutas costeables, es de destacar sin embargo, que esta experiencia permitió identificar en este Centro Comercial que maneja 3 formatos de almacén, uno enfocado a zonas populares, un segundo de nivel intermedio y un tercero en zonas exclusivas con formato de tienda gourmet, este último fue el que demandó mayor volumen y un resurtido más constante, situación que debe ser considerada en las estrategias de comercialización que a futuro se implementen.

Quiero destacar una gran labor de fomento que se realizó en el Estado de Guanajuato, que permitió lograr ofrecer estos volúmenes de venta que fueron comercializados, esto consistió en establecer aparcerías con productores en diferentes Municipios del estado, los cuales traían sus animales a sacrificio al rastro del Centro de Cunicultura. Se inició en el año 2006 recibiendo conejo a sacrificio de una granja formada por una sociedad de producción en San Miguel de Allende. En enero del 2007 se integran 4 productores de los Municipios de Huanímaro y Abasolo y en mayo del mismo año uno de San Luis de la Paz. A principios del 2010, el efecto de la crisis mundial y no encontrándose el mercado del conejo ajeno a esta situación se registró una disminución en las ventas, y

aunado a la producción que ya venía programada se tuvo que almacenar producto llegando a tener 18 toneladas de carne en almacén lo que orillo a tener que despoblar granjas por lo que la producción del 2010 que se esperaba superara la del 2009 -de 38,290 conejos- se vio disminuida a 27,745 en este año.

En enero del 2008, se iniciaron negociaciones con la empresa Pelfreez de Rogers, Arkansas, empresa dedicada a fabricar biológicos animales de alta calidad (sueros y tejidos, fracciones de la sangre, plasma, anticuerpos y otras materias primas biológicas) para la investigación de las ciencias de la vida y para el diagnóstico in Vitro, (compañía certificada ISO 9001). Otra división de esta empresa está enfocada al procesamiento y comercialización de carne de conejo y es considerada la más grande y antigua en los Estados Unidos. En octubre de ese año (2008), se realizó exitosamente la primera exportación de Conejos vivos para sacrificio generados en granjas de productores del estado de Guanajuato, estableciendo actividad comercial con esta empresa, exportando 35,341 conejos a partir del 2008 y hasta el 2012.

A nivel nacional, también existe la demanda en Laboratorios que cuentan con bioterios y que requieren conejo albino, de raza pura, de tamaño homogéneo, cuya principal requisito es que se garantice sobre todo la sanidad con que se generan en granja.

Reflexión

En México, se cuenta con un excelente estado sanitario en cunicultura, la genética de los animales es aceptable bajo los ritmos de producción que establecemos, se cuenta con los proveedores de equipo, materias primas y alimentos que ofrecen productos de calidad y a la vanguardia tecnológicamente, hacen falta técnicos que realicen investigación bajo las condiciones particulares de cada región. En el seno del Comité Nacional Sistema Producto Cunicola, constantemente se presenta la situación de que la limitante de comercialización, ha sido el no contar con rastros regionales que trabajen bajo las condiciones de inocuidad que exigen los mercados, que son los que cuentan con las redes de distribución, que abaratan los costos de arrastre y por lo tanto que permiten hacer llegar el producto al consumidor. Se han observado fluctuaciones en la demanda, las estructuras de comercialización no han permitido que la oferta y la demanda puedan

equilibrarse; cuando hay exceso de producción hay caída de los precios, esto ocasiona que desaparezcan criaderos; y cuando baja la producción, la demanda ya no es satisfecha. Nos ha fallado también la estrategia de comercialización, debemos enfocarnos a anunciar que es una carne dietética que mantiene la esbeltez que el solo decir que contiene un 4% de grasa y enfocarnos hacia el ama de casa y generarle un producto fresco, con valor agregado (pre-cocido, marinado, etc.) que sea atractivo para el ritmo de vida actual en que sale a trabajar con tiempo muy reducido para preparar los alimentos, pero el conejo es la mejor alternativa ante las condiciones medioambientales actuales, motivo por el cual a nivel federal ya es considerado dentro de los programas de Ganadería.

Referencias:

1. Asociación Nacional de Cunicultores de México. 2008. Estudio de Mercado sobre las preferencias del consumidor respecto a la carne de conejo en México. Alducin y Asociados.
2. Camps, J. (2002). Conejo: La Carne Sana y Dietética. Ciclo Internacional de Conferencias en Cunicultura Empresarial. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. Mex. México, Octubre.
3. Lebas, F. (1996) El Conejo: cría y patología. FAO. Roma, Italia. Pp: 201-210.
4. Rosell, J. (2000). Enfermedades del Conejo. Ediciones Mundi-Prensa. España. Pp: 465-506.

CAPÍTULO 8

PÉRDIDA DE PROTEÍNA Y RENDIMIENTO EN CARNE DE PORCINO ORIGINADO POR EL USO DE DOS DIFERENTES TÉCNICAS DE MATANZA

María Concepción Méndez Gómez Humarán

Elba Orozco Estrada

Gonzalo Palomares Calleja

Juana Elizabeth Elton Puente

María del Carmen Salazar Piñón

Roxana Preciado Cortes

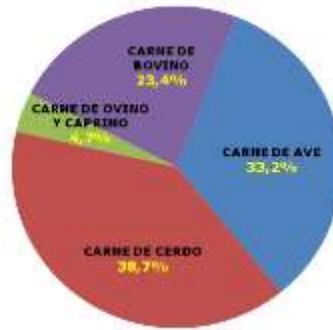
Introducción

En México existen 2,457 municipios caracterizados por su gran heterogeneidad. Cincuenta millones de personas se concentran en 300 ciudades de tamaño mediano y grande y otros 30 a 35 millones en 130,000 comunidades pequeñas, organizadas de diversa forma de acuerdo a su pertenencia municipal. Los municipios urbanos son grandes a diferencia de los rurales que pueden ser extremadamente pequeños. El 85% de los municipios son rurales y cubren al menor porcentaje de la población, con problemas propios de dispersión y falta de servicios. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (aprobada en 1983), en el artículo 115, fracción III, define los poderes y las funciones del municipio. En donde se describe la instauración de rastros y mataderos, para darle ese servicio a la comunidad. Por su parte, la Ley General de Salud, en el título duodécimo, capítulo primero, faculta a la Secretaría de Salud para llevar el control sanitario del proceso de importación y exportación de alimentos, bebidas, medicinas, tabaco y productos de perfumería entre otros. En virtud de ello, los rastros como establecimientos donde se procesan alimentos, deben ser verificados por la Secretaría de Salud con la finalidad de que el establecimiento y el proceso cumplan con lo establecido en la normatividad sanitaria vigente³¹.

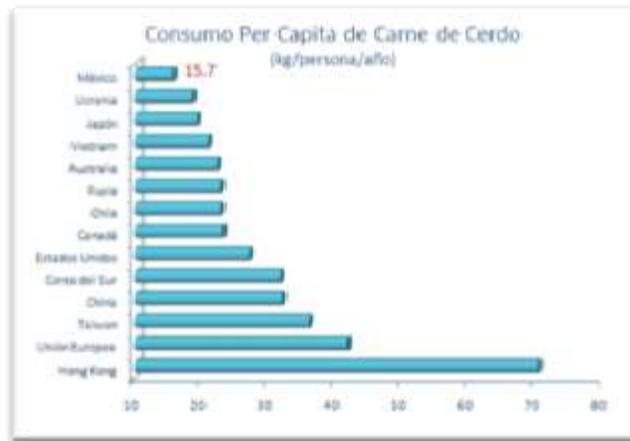
Un alto porcentaje de los rastros y mataderos administrados por los ayuntamientos presentan incumplimiento a la normatividad sanitaria vigente. Las deficientes condiciones sanitarias en muchos rastros, derivadas de la falta de instalaciones y equipo modernos, las malas condiciones de aseo en los locales donde se faenan las canales, mesas de trabajo y vehículos en los que se transportan las mismas, malos hábitos sanitarios de los trabajadores, deficiente limpieza de utensilios e indumentaria de trabajo, falta de aseo en los servicios sanitarios destinados al uso de los obreros del rastro, falta de estrategias tendientes a evitar la proliferación de fauna nociva, contribuyen a la contaminación exógena de la carne y se constituyen en un peligro para la salud pública. Desde un punto de vista higiénico y sanitario, el rastro municipal debe reunir las condiciones mínimas necesarias para que en la matanza de animales se garantice la sanidad del producto³¹.

Actualmente se cuentan con 884 rastros y mataderos municipales, 259 son TIF (144 privados y 115 municipales), teniendo reportes de que el 25% del consumo de la carne proviene de matanzas clandestinas¹. Con base a los datos de Gorena, presidente de la Asociación Nacional de Establecimientos TIF (ANETIF), de la carne que se consume en el país, 54 % procede de rastros que no cumplen las normas de calidad, o proceden de matanzas clandestinas, lo cual pone en riesgo la salud de la población⁵.

La carne de cerdo es la de mayor consumo en el mundo (gráfica 1). En nuestro país, durante el 2013 el consumo per cápita de carne fue de 58.5 Kg, de la carne de pollo se consume 27.5 kg, seguida del consumo de 17 Kg de bovino y en tercer lugar la carne de porcino con un consumo de 15.7 kg (gráfica 2). El cerdo se encuentra hoy entre los animales más eficientemente productores de carne; sus características particulares, como gran precocidad y prolificidad, corto ciclo reproductivo y gran capacidad transformadora de nutrimentos, lo hacen especialmente atractivo como fuente de alimentación³⁰.



Gráfica 1. Consumo de carne a nivel mundial²⁵.



Gráfica 2. Kg de consumo per cápita de carne en México⁹.

Durante muchos años la carne de cerdo fue considerada como un alimento poco nutritivo, “pesado” (porque anteriormente el valor del cerdo era estimado por la cantidad de grasa que éste tenía, sin importar la calidad de su carne, esto ha cambiado gracias a que se han hecho modificaciones genéticas al animal para obtener carne magra) y en general, asociado con enfermedades como la cisticercosis o la triquinosis. Sin embargo, en los últimos 25 años la carne de cerdo ha reducido 31% el contenido de grasa, 14% en calorías y 10% en colesterol, producto del avance tecnológico en la porcicultura mundial. Además de proteínas de alto valor biológico, la carne es fuente importante de vitaminas del grupo B, en especial B₁ (tiamina), B₂ (Riboflavina), B₃ (niacina), B₆ (Piridoxina), B₁₂ (Cobalamina) y vitamina A (retinol), de algunos nutrimentos inorgánicos como hierro, cobre, zinc y

selenio²⁰. El hierro de la carne tiene una alta biodisponibilidad, su deficiencia nutrimental es la más común del mundo. La carne no contribuye al aporte de hidratos de carbono para la dieta, tampoco aporta fibra, ni vitaminas C y K^{13,24}. La carne ha sido durante muchos años parte especial de la dieta y es el platillo principal en la mayoría de las culturas.

El bienestar animal y su impacto en la calidad de la carne

El bienestar animal se ha convertido en un tema de gran importancia en las fases de producción de las carnes, ya que se ve reflejado en su calidad, por lo que es motivo de gran preocupación dentro de la industria cárnica tanto para productores como para consumidores²³. El músculo se convierte en carne gracias a la glucólisis *post-mortem* la cual finaliza cuando las enzimas son desactivadas por la caída del pH, ésta puede ser acelerada por el aumento de temperatura externa por encima de la temperatura de la canal. Cuando las condiciones antes de la matanza o el transporte se realizan inadecuadamente por ejemplo: arrastrar a los animales, golpearlos, utilizar el arreador eléctrico, gritarles, en pocas palabras provocarles un estrés, se produce un agotamiento del glucógeno y el pH final se ve afectado, lo cual produce dos fenómenos de fallas de calidad en la carne conocidos como, carne pálida suave y exudativa (PSE = *pale, soft, exudative*, por sus siglas en inglés) y carne dura firme y seca (DFD = *dark, firm, dry*, por sus siglas en Inglés)¹².

El manejo del animal en la granja, el transporte y el manejo *ante-mortem* se debe realizar sin sufrimiento y estrés. Garantizando el bienestar del animal, se impide la aparición de carne PSE (pálida, suave y exudativa). Esta carne mantiene un pH por debajo de 5.4 lo cual da lugar a desnaturalización de proteínas, pérdida excesiva de agua y con ella pérdida de proteínas⁷; esto se ve reflejado en una merma significativa de peso. En Estados Unidos de América la industria porcina reportó en 2003, 15.50% de carne PSE y por lo tanto pérdidas económicas por la baja calidad de la carne, que alcanzaron los 100 millones de dólares anuales³. En otros estudios el 56% de los animales en México son PSE, de acuerdo a la media de los siguientes trabajos: Alarcon² encontraron que el 80% de las canales evaluadas eran PSE, Gómez¹⁵ encontraron que el 35% de las canales evaluadas eran PSE. Gomez¹⁶ encontraron que el 72% de las canales evaluadas eran PSE y en el actual trabajo se encontró que el 34% de las canales eran PSE. Además, las características

sensoriales de la carne se ven alteradas lo cual puede orillar al consumidor a no comprar esta carne por tener un aspecto diferente, lo que repercute en pérdidas para el carnicero²⁷.

El mejor método para prevenir este tipo de alteración en la carne es la eliminación de toda clase de estrés como golpes o maltrato, restricción de alimento y agua por períodos prolongados, y proveer del descanso inadecuado a los animales²⁸. La suma de todos estos factores favorece a un estrés *ante-mortem* con consecuencias negativas desde el punto de vista de bienestar animal y de la calidad del producto⁴.

Calidad De La Carne

Calidad, es la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las expectativas de los consumidores³². La composición de la carne se establece completamente durante la vida del animal, mientras que su calidad se ve fuertemente afectada por factores tanto *ante-mortem* como *post-mortem*. Muchos parámetros durante la vida del animal pueden ejercer una influencia significativa sobre la calidad de la carne: la edad, el sexo, la nutrición, la distribución de la grasa, la funcionalidad muscular, el estrés, etc. La calidad puede verse afectada modificada a veces en alto grado al aplicar varios tratamientos *post-mortem*: el enfriamiento diferido o retardado, la maduración a alta temperatura, la estimulación eléctrica, las altas presiones, etc.¹⁸

Los factores más importantes que influyen en la calidad de la carne son:

- Granja de origen: Condiciones de las instalaciones en las cuales son expuestos los animales, al igual que el trato que reciben por parte de los operarios.
- Transporte: Durante este se puede afectar la calidad, ya que un indebido transporte puede ocasionar lesiones al cerdo como lo son golpes, estrés y la exposición por largo tiempo al sol causa lesiones cutáneas.
- Matadero: El manejo dentro del matadero debe ser de gran importancia para no causar estrés ni lesiones a la canal, un aturdimiento eficaz evitara estrés en el animal lo cual asegurara una canal optima²³.
- Genética: Existen tipos de genes los cuales predisponen a que sus portadores presenten carnes PSE estos son los genes “Halotano” (Hal) y Napole (RN)²⁶.

- Condiciones del procesado: Bajo condiciones de proceso antihigiénico lo cual puede producir el crecimiento bacteriano, lo cual acelerara el proceso de descomposición de la carne.

Insensibilización

La velocidad de la glucólisis en las primeras horas tras la matanza es el mayor determinante de la calidad, y se sabe amplia e inexplicablemente; que una posible causa de esta variabilidad es el daño neurologico sufrido en el momento de la insensibilización. Se detectan a veces equimosis y hemorragias petequiales en la canal tras una insensibilizacion inadecuada tanto electrica como por bala cautiva. El primer defecto se manifiesta en forma de manchas de sangre, a veces de 1cm o más de diametro en el interior de la musculatura, mientras que el ultimo es una salida de sangre a los tejidos adiposos o conectivos. Ambos pueden ser lo suficientemente severos para afectar seriamente el aspecto de la carne. Algunas evidencias sugieren que el “shock” fisiológico de la insensibilización es suficientemente fuerte para romper vasos sanguineos; los músculos responden vigorosamente al estimulo extremo que supone el daño cerebral, supercontrayendose con tal intensidad que rompen los vasos y la sangre sale fuera¹⁸.

Calidad Tecnológica

Concepto influenciado por un multivariado sistema, que está formado por parámetros de composición y fisicoquímicos, donde el pH, la capacidad de retención de agua (CRA), intensidad y homogeneidad del color, blandura, vida de anaquel, capacidad de emulsión, rendimiento de procesado y rebanado, son los atributos más importantes por razones económicas, ya que afectan las pérdidas por goteo y los atributos del producto final, dependiendo de la severidad de los defectos y de los procesos tecnológicos empleados⁸.

pH de la carne

El pH del músculo de animales sanos y vivos es de alrededor de 7.04. Este valor se disminuye tras la muerte del animal, principalmente, debido a la degradación del

glucógeno a ácido láctico, una reacción en la que el músculo trata de producir energía en ausencia de oxígeno. Esta reacción, depende importantemente de la actividad de una serie de enzimas que son sensibles a la temperatura, por lo que es relevante considerar la temperatura del músculo al momento de hacer la medición del pH⁸.

La variación en los valores de pH, se da por un sinnúmero de factores, algunos de ellos son intrínsecos al animal (genética, metabolismo, susceptibilidad al estrés, etc.), pero normalmente los factores más relevantes tienen que ver con el ambiente en que se manejó el animal y su canal durante las 24 h previas y posteriores a la matanza. Previo a la matanza, el manejo es un factor clave, ya que un exceso de estrés provocará la sobreproducción de adrenalina, que tiende a promover la degradación de glucógeno y por ende, favorece la caída abrupta del pH (acidificación). Luego de la matanza, una mala refrigeración de la canal, con temperaturas elevadas (arriba de 15°C), promoverá también una rápida caída del pH.

En el caso en el que la disminución del pH *post-mortem* sea acelerado y la caída del pH ocurra antes de que la carne pueda ser enfriada eficazmente, la combinación de un bajo pH y alta temperatura (arriba de 32°C), en la canal ocasiona una desnaturalización anormal de las proteínas musculares, generando así una carne PSE. Mientras más rápido baje el pH del músculo, sus proteínas se irán acercando a su punto isoeléctrico, por lo tanto retendrán menos agua, y así se reducirá el rendimiento y se afectará el color de la carne, dando una apariencia pálida. Entonces el pH final de las carnes PSE estará normalmente por debajo de 5.5. Esta caída del pH tiene incidencia sobre algunas propiedades de la estructura fibrilar, puesto que las proteínas miofibrilares alteran su comportamiento con la acidificación del musculo, al quedar próximos a sus puntos isoeléctricos y el pH del tejido muscular⁸. Un aumento de la acidez del sarcoplasma celular estimula ciertos procesos catabólicos, que afectan la integridad estructural de las proteínas, liberando moléculas de tripéptidos, dipéptidos y aminoácidos que, además de incrementar la presión osmótica del medio, ocasionan cierto aumento del pH muscular debido a un predominio de su carácter básico. Con ello, las proteínas miofibrilares se alejan de sus puntos isoeléctricos y recuperan parte de su capacidad de enlazar agua. Por consiguiente en el músculo se produce un

hinchamiento favorecedor de nuevas interacciones entre moléculas de proteínas, con la consiguiente incidencia sobre algunas cualidades, como jugosidad, dureza, ternura, etc⁶.

La carne PSE se da con mayor frecuencia en cerdos sensibles al estrés principalmente la raza Pietrain, el efecto más conocido que la genética ejerce sobre la calidad de carne son las carnes PSE, se han relacionado genéticas de mayor conformación con una mayor susceptibilidad al estrés. El Síndrome de Estrés Porcino (PSS) o Hipertermia Maligna (MH) es una enfermedad hereditaria monogénica recesiva que se caracteriza por un desorden neuromuscular, con un *locus* autosomal único, denominado inicialmente gen halotano (HAL) y actualmente llamado gen receptor de la Ryanodina “Ryr1”. El PSS se caracteriza por producir muerte súbita en los cerdos homocigotos recesivos, así como la aparición de canales con carne PSE o DFD, con menor frecuencia, en cerdos homocigotos dominantes y heterocigotos. La mayoría de los estudios entre cerdos estrés positivos y cerdos estrés negativos muestran diferencias en pH, color, terneza y capacidad de retención de agua en la carne. Esta variación está directamente relacionada con la incidencia de carne PSE en los dos genotipos. Esto representa graves pérdidas económicas para la industria porcina, ya que estas carnes no tienen mercado y son decomisadas¹⁹.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La carne magra después de la matanza del animal, contiene aproximadamente 75% de agua. La capacidad de retención de agua (CRA), es definida como la capacidad o habilidad que presenta la carne para contener su propia agua a pesar de la aplicación de fuerzas externas, tales como: corte, calentamiento, trituración y prensado. Muchas otras características de la carne como: color, textura, firmeza, jugosidad y blandura se encuentran relacionadas o dependientes de la CRA¹⁴.

El agua más fácil de extraer es el agua extracelular y de hecho es la que origina el llamado "*drip loss*" o "**pérdida por goteo**". Si se aplica una fuerza sobre el sistema, parte del agua inmovilizada se libera como agua perdida; mediciones de esta agua liberada son usadas como indicador de las propiedades de ligar el agua de las proteínas. La disponibilidad de carga está asociada con el pH último del músculo. A pHs considerados altos (>6.0) o por debajo del punto isoeléctrico de la actomiosina (aprox. 5.0), el número

de cargas disponibles está aumentado, incrementando de este modo la CRA. Por otra parte una aproximación al punto isoelectrico determina una pérdida de la CRA, por la lógica disminución de cargas libres⁸. Sensorialmente incide en la textura, la jugosidad, el color y la dureza de la carne. Nutricionalmente puede originar pérdidas de agua, elementos minerales, vitaminas hidrosolubles, etc. Tecnológicamente se produce goteo cuando sus valores son bajos, o bien hinchamientos cuando son muy elevados⁶.

La CRA es un factor importante, ya que las ganancias o pérdidas de agua afectan el peso y el valor económico de la carne, por esto, cuando la carne presenta poca CRA, las pérdidas de humedad durante el almacenamiento son grandes, consecuentemente se pierde peso muscular durante esta etapa. Esta pérdida de humedad se presenta de tres formas: a) Por evaporación, en la cual se pierde el agua que se encuentra en forma libre en el músculo, durante el enfriamiento, y la cual se estima aproximadamente en 2%, b) por goteo, el cual tiene lugar durante la exposición de los cortes a venta, durante el transporte y almacenamiento y c) durante el cocinado (25-35%). La pérdida de humedad se lleva a cabo en las superficies del músculo que se encuentran expuestas a la atmósfera. Por lo que además de perder agua, también se eliminan algunas proteínas solubles, vitaminas y minerales¹⁴.

Aminoácidos

Los aminoácidos son las unidades estructurales de las proteínas. En la naturaleza existen centenares de aminoácidos diferentes, de ellos, solo veinte se utilizan en la formación de proteínas (aminoácidos proteinógenos). Los aminoácidos desde el punto de vista nutricional se clasifican en esenciales y no esenciales, según tengan o no que ser aportados por la dieta en función de la capacidad de su síntesis por el organismo¹⁰. Los aminoácidos se sintetizan en líneas generales a partir de los hidratos de carbono especialmente los cetoácidos, que deben sufrir un proceso de aminación. Los vegetales son capaces de obtener el grupo amino para este proceso por reducción fotosintética del nitrógeno u otros compuestos nitrogenados, por lo que no tienen problemas para realizar la síntesis de todos los aminoácidos²².

En la especie humana, como en la mayor parte de los animales la única fuente del grupo amino son los propios aminoácidos, que deben formar parte por tanto de la alimentación, incluidos en las proteínas de la dieta. Así, el organismo es capaz de utilizar el grupo amino de algunos aminoácidos (especialmente del glutamato), para sintetizar otros aminoácidos por transaminación. En este aporte proteico pueden faltar algunos aminoácidos no esenciales pero deben estar incluidos necesariamente todos los aminoácidos esenciales. Existen ocho aminoácidos claramente esenciales en adultos los cuales son: valina, leucina, isoleucina, treonina, lisina, metionina, fenilalanina y triptófano, y para infantes la histidina y la arginina son esenciales ya que se necesitan en mayor cantidad para el desarrollo y crecimiento normal de los niños³³. La histidina no se sintetiza en nuestros tejidos sino que es aportada por la microbiota intestinal. Este aporte puede ser insuficiente cuando los requerimientos fueran altos y la microbiota escasa²².

En el caso de la arginina es diferente. Este aminoácido se sintetiza en los tejidos, especialmente en el hígado, pero forma parte del ciclo de la urea. Por consiguiente, una gran cantidad de la arginina sintetizada es habitualmente degradada a ornitina. La arginina utilizable para otras funciones tiene que “escapar” del ciclo, lo que supone una cierta limitación que puede ponerse de manifiesto en caso de requerimientos acentuados. A todos estos aminoácidos (histidina, arginina, cisteína y tirosina) se les denomina semiesenciales. Por el contrario, los aminoácidos no esenciales se pueden sintetizar y se puede prescindir en la dieta de alguno de ellos (siempre que el aporte total de proteínas sea apropiado) pero sus funciones pueden ser trascendentales para el organismo²¹.

Metodología

Debido a lo anterior señalado y con el objetivo de evaluar la pérdida de proteína y rendimiento en carne de porcino originado por el uso de dos diferentes técnicas de matanza, se realizó un estudio de tipo observacional transversal en una unidad de producción en el estado de Michoacán, la cual se dedica a la engorda, matanza y comercialización de la carne de porcinos. Se realizó en el período de enero-julio del 2013 con un total de 17 animales los cuales se mataron bajo dos diferentes técnicas (con y sin estrés), en 9 cerdos se utilizó una matanza libre de estrés ya que fue instantánea y en los 8

restantes se utilizó una técnica tradicional, donde se supone exposición a estrés, ya que es una técnica tardada. Los animales presentaron características en común como lo fueron edad de aproximadamente 5 meses y 15 días, con un peso aproximado de 90 kg Todos cruzas de las razas Yorkshire con líneas terminales Promagro®. Para conocer la calidad de la carne de porcino bajo estas dos técnicas de matanza, se recolectaron 50 muestras de estos animales, que fueron trozos de costilla tomados de la 10ma costilla y lomo (*Longissimus dorsi*), a las cuales se les realizaron las siguientes pruebas: análisis de pH a las 24 horas, nitrógeno amoniacal por la técnica de Kjendahl, capacidad de retención de agua, pérdida por goteo, porcentaje de oreo, aminograma y proteína por la técnica de Bradford.

Medición de pH

Se realizó en músculo *Longissimus dorsi* una vez que se llevó a cabo el despiece de las canales y con un período *post mortem* de 24 horas transcurrido. Para su lectura se empleó un potenciómetro de punción para cárnicos y embutidos de la marca HANNA® modelo HI 99163, se introdujo el electrodo en el músculo seleccionado de manera perpendicular, a unos 2 cm de profundidad, evitando el contacto con grasa y tejido conectivo. Se sacó el electrodo, se limpió con agua destilada y se volvió a introducir en otra parte del musculo. Se realizaron por lo menos dos lecturas sobre la misma muestra. De manera periódica (cada 8 mediciones), se verificó que el electrodo estuviera funcionando correctamente, se sumergió en agua y se secó perfectamente antes de volver a medir. Se calibró el potenciómetro de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Capacidad de retención de agua

Se realizó el método de compresión entre dos placas de vidrio (que cubrían todo el papel filtro) y papel filtro número 54 de 110 mm de diámetro marca Whatman®. Se pesó el papel filtro en la balanza analítica marca Sartorius® modelo BL3100 y después se pesaron 0.3g (± 0.05 g) de carne con 24 horas *post mortem*. Se colocó dentro del papel filtro doblándolo por la mitad, para después colocar el papel filtro con la muestra entre las dos placas de vidrio y se sometió a compresión con una pesa patrón de 2.25 kg durante 5

minutos. Transcurridos los 5 minutos, se retiró la muestra de carne y se pesó el papel filtro y la carne después del prensado.

Pérdida por goteo y porcentaje de oreo

Se pesó en una balanza analítica marca Sartorius® modelo BL3100, aproximadamente 150 g de carne a 4 horas *post mortem*, de la décima costilla en adelante, libre de grasa y fascias. Tomando tres porciones de cada canal para la evaluación (por triplicado). Se pesó y se identificó la bolsa de plástico de cierre hermético (de 27 a 28 cm) tipo Ziploc®. Se insertó un gancho de acero inoxidable para sostener la carne y se amarró con hilo de nylon a la rejilla de un refrigerador marca Ojeda®, manteniendo una temperatura de 2 a 4°C. Se cerró la bolsa evitando que la carne tocara el fondo de la bolsa, quedando suspendida en la rejilla del refrigerador y dentro de la bolsa. Después de transcurridas 24 y 48 horas de refrigeración, se pesó la bolsa con el exudado y también se pesó la carne. Se realizaron los cálculos para conocer las pérdidas por goteo y porcentaje de oreo.

Método nitrógeno amoniacal de Kjeldahl

Se pesaron 10 g de carne molida, se introdujeron en un matraz Kjeldahl de 800 mL, se añadieron 2 g de óxido de magnesio, 300 mL de agua destilada, y perlas de vidrio (8-10). El matraz fue colocado en una de las parrillas de la sección de destilación del aparato Kjeldhal Marca Buchi® modelo Unit K-370, se ajustó la trampa de humedad a la boca del matraz por el lado del tapón horadado, y el otro extremo de la trampa de humedad se colocó en la manguera de la sección de destilación del aparato Kjeldhal. Se midieron 50 mL de ácido bórico al 2% y se depositaron en un matraz Erlenmeyer de 500 mL, y se añadieron de 3 a 4 gotas de la solución indicadora.

Se colocó el matraz bajo el tubo de descarga del aparato destilador, vigilando que dicho tubo de descarga quedara bajo la superficie de la solución. Se abrió la llave de refrigeración y se encendió el destilador, controlando la ebullición de tal manera que se formará la mínima cantidad posible de espuma. Se destilaron 25 mL en el matraz Erlenmeyer, después se retiró y se apagó el aparato de destilación. Se llenó una bureta de 25 mL con una solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Se colocó bajo la boca de la bureta el

matraz Erlenmeyer que contenía el destilado y se abrió la llave de la bureta para añadir lentamente, gota a gota la solución de ácido clorhídrico, hasta que el destilado cambio de color al que originalmente tenía.

Proteína Bradford

Se realizó una curva patrón de proteína estándar en un rango de 0 hasta 60 μg de tal manera que el volumen final fuera de 300 μg . Se mezcló para ello el volumen de albumina de 1 mg/mL y se agregó el volumen adecuado de agua para que quedara a un rango igual de 0 hasta 60 μg . Se hizo la curva con la medición de las diluciones anteriores en el espectrofotómetro Genesys® Serie 10, a 0.595 en Excel®, donde por medio de una gráfica se realizó una ecuación para estandarizar la prueba. Finalmente se añadieron 3 mL de reactivo de Bradford a todos las diluciones de los exudados y se prosiguió a medir la absorbancia.

Aminograma

Esta prueba se mandó a realizar en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Ajuchitlán Colón, Querétaro, donde se obtuvo por medio de cromatografía y HLPC.

Método de matanza 1 (sin estrés)

Se retiró el cerdo de aproximadamente 90 kg del corral, para llevarlo a la báscula donde se pesó. Se le ofreció alfalfa fresca para que el cerdo comiera y se distrajera, para después trazar una línea imaginaria como lo muestran las imágenes 1 y 2; con base a la norma NOM-033-ZOO-1995 y con base al manual STEP (Abate humanitario de suinos) y de la Protección Animal Mundial²⁹, una vez realizado esto se le dio un balazo en la región antes mencionada (hueso frontal), con una pistola de calibre 22. Después se procedió inmediatamente al desangrado haciendo un corte en el cuello, en los principales vasos sanguíneos (Imagen 3).

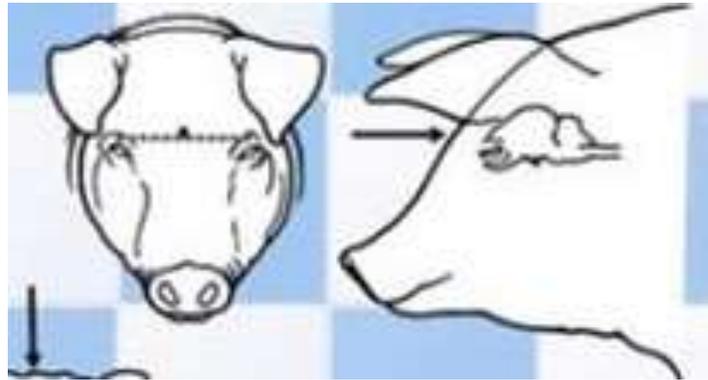
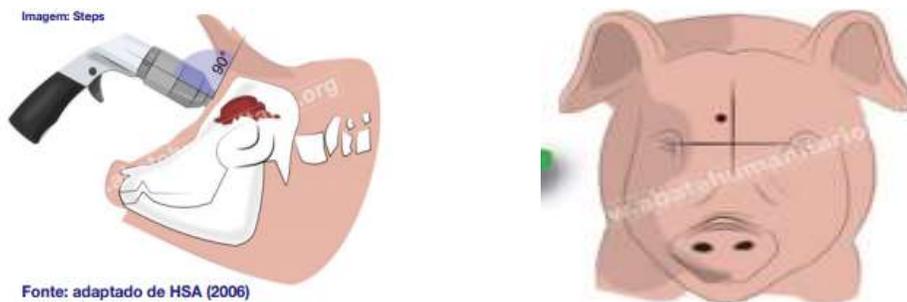


Imagen 1. Correcto aturdimiento con pistola, zona donde se colocó la pistola con base a la norma NOM-033-ZOO-1995



Fonte: adaptado de HSA (2006)

Imagen 2. Lugar donde se colocó la pistola e inclinación (a 90°), con base al manual STEP (Abate humanitario de suinos)²⁹



Imagen 3. Corte de los vasos principales para el desangrado²⁹

Una vez muerto clínicamente, la canal se colocó en un cazo con agua caliente a aproximadamente 80°C. Se procedió al rasurado donde se retiró el pelo, se procedió al eviscerado cortando la cabeza y patas para posteriormente abrir el abdomen. Se retiraron todos los órganos internos (vísceras rojas y vísceras verdes). Se partió por la mitad la canal hacia lo largo, dejando de lado derecho el espinazo. Se dejó orear la canal por 30 minutos, para el posterior despiece. Para después tomar las muestras de carne correspondientes a esta técnica de matanza.

Método de matanza 2 (con estrés)

Cabe aclarar que esta técnica es la que se ha utilizado en esta unidad de producción y comercializadora de carne de forma tradicional. Se retiró el cerdo de aproximadamente 90 kg del corral, para llevarlo a la báscula donde se pesó. Posteriormente se llevó caminando al área de matanza aproximadamente 40 metros en donde se sometió tirándolo al piso. Una vez inmovilizado se le clavó un cuchillo de aproximadamente 20 cm, en el corazón entrando por la 5^{ta} costilla, por detrás de la pata delantera y se dejó desangrar por aproximadamente 1 minuto (Imagen 4). Una vez muerto clínicamente, la canal se colocó en un cazo con agua caliente a aproximadamente 80°C. Se procedió al rasurado en donde se retiró el pelo, se procedió al eviscerado cortando la cabeza y patas para posteriormente abrir el abdomen. Se retiraron todos los órganos internos (vísceras rojas y vísceras verdes), se partió por la mitad la canal hacia lo largo, dejando de lado derecho el espinazo. Se dejó orear la canal por 30 minutos, para el posterior despiece. Para después tomar las muestras de carne correspondientes a esta técnica de matanza.

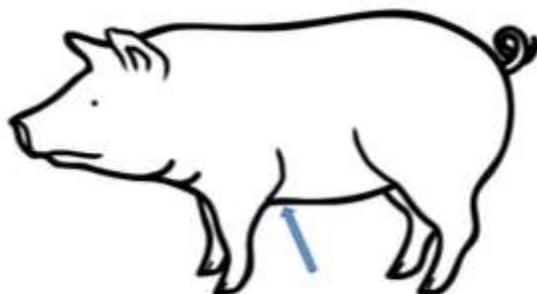
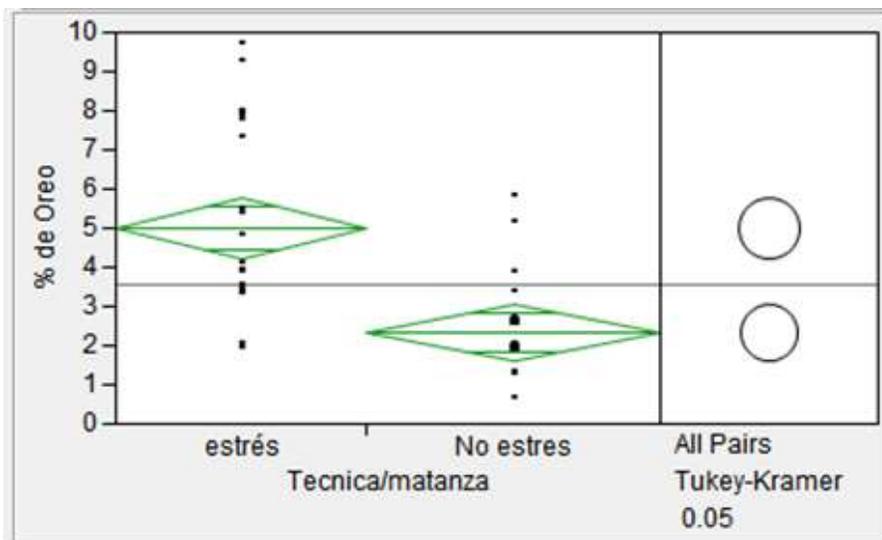


Imagen 4. Ubicación de la zona donde se clavó el cuchillo

Resultados y Discusión

Porcentaje por oreo

Se obtuvieron un total de 27 muestras de la técnica de matanza sin estrés y 23 muestras de la técnica de matanza con estrés. Como se puede observar en la gráfica 3, las muestras obtenidas de la técnica con estrés (imagen 6), presentaron más pérdidas por oreo, en promedio un 10.16% ,en comparación con las muestras de las técnicas sin estrés (imagen 5), que presentaron una media de 2% de pérdida, resultando ser estadísticamente diferentes con una $p = 0001$ (gráfica 3). Las pérdidas consideradas como normal por el efecto de oreo de canal caliente a canal fría, se considera menor a 3.2%⁸. Esta pérdida tiene una implicación económica debido a que la canal perderá más peso y por ende se obtendrá un menor rendimiento, por ejemplo un cerdo de 100 kg da un rendimiento del 83%, lo cual equivale a 83 kg, considerando que la pérdida por oreo en carne PSE es del 10.16% se perderían 8.4 kg, pudiendo venderse en \$80 pesos el kilo, se tiene una pérdida de \$672.00 por cada cerdo de 100 kg. En el lugar de estudio se destinan 4 cerdos a la semana para venta en su carnicería, dando esto una pérdida de \$2,688.00 por semana y al año \$139,776.00.



Gráfica 3. Porcentaje de oreo por técnica de matanza



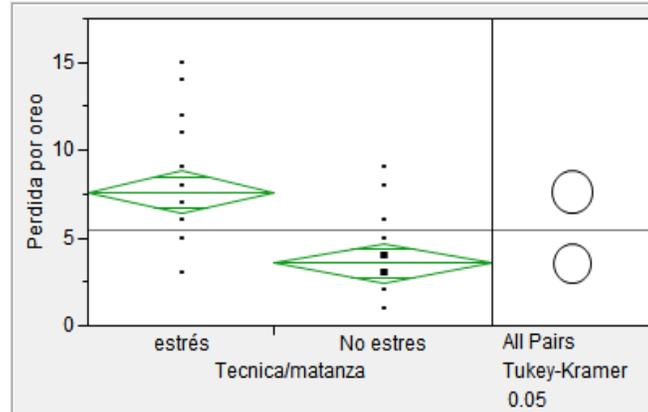
Imagen 5. Pérdida por goteo de la carne bajo la técnica de matanza sin estrés
(Gonzalo Palomares, Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, 2014)



Imagen 6. Pérdida por goteo de la carne bajo la técnica de matanza con estrés
(Gonzalo Palomares, Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, 2014)

En la gráfica 4, se puede observar la pérdida por goteo expresada en g, siendo nuevamente evidente que la mayor pérdida de agua fue en las muestras provenientes de la técnica de matanza con estrés, resultando ser estadísticamente diferentes con una $p = 0001$. Lo que se obtuvo de este escurrimiento se utilizó para identificar los aminoácidos

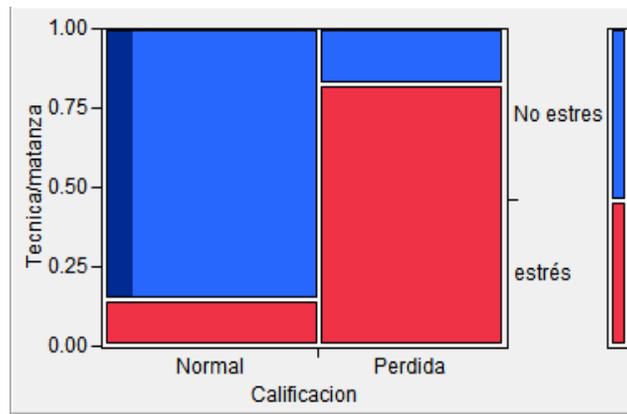
presentes en este líquido, así como la determinación de proteínas por la técnica de Bardford.



Gráfica 4. Pérdida por oreo por técnica de matanza

Capacidad de retención de agua (CRA)

De las 23 muestras con la técnica de matanza con estrés, 21 resultaron con pérdidas de agua arriba del rango normal (imagen 8) y 2 de ellas en el rango normal (una pérdida menor del 6%). De las 27 muestras con la técnica de matanza sin estrés, 23 resultaron con una pérdida de agua dentro de los parámetros normales (imagen 7) y 4 de ellas con pérdida por arriba del rango normal (gráfica 5). La bajada del pH, provoca la desnaturalización de las proteínas de la fibra muscular, por lo que el agua presente en ésta se libera, este cambio estructural ocurre de manera frecuente en el proceso de conversión de músculo a carne; en cambio, en la carne que provienen de animales estresados antes de la matanza, este proceso se acelera, por lo cual la pérdida de agua es mayor.



Gráfica 5. Capacidad de Retención de Agua

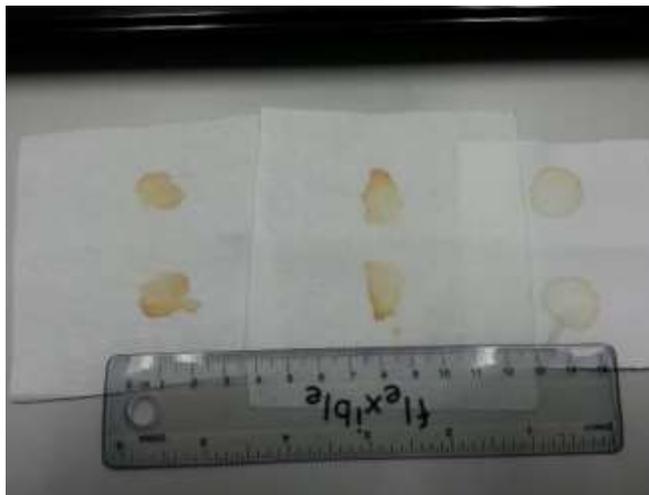


Imagen 7. Prueba CRA, carne de la técnica de matanza sin estrés (Gonzalo Palomares, Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, 2014)

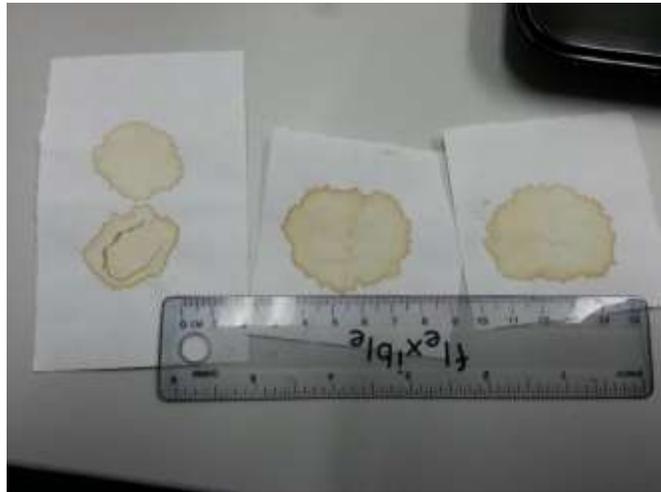
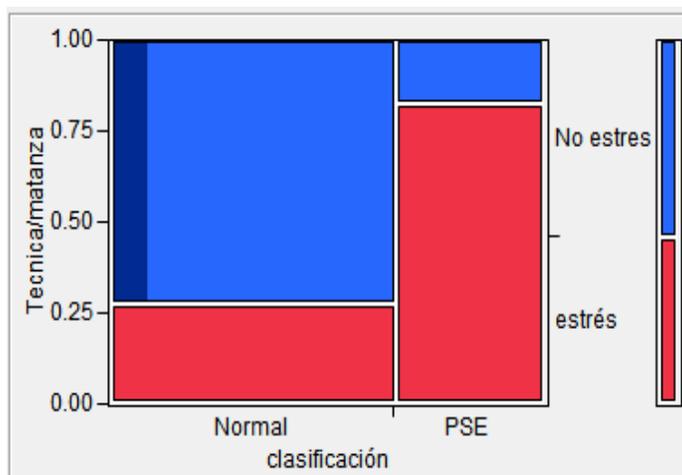


Imagen 8. Prueba CRA, carne de la técnica de matanza con estrés (Gonzalo Palomares, Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, 2014)

pH de la carne

Se analizó el pH a las 24 horas *post mortem*, este tiempo se decidió ya que en el lugar de procedencia de la carne, es el tiempo cuando se vende al público. De las 23 muestras de la técnica de matanza con estrés, 14 resultaron con un pH menor de 5.6 lo que corresponde a una carne PSE, representando el 60.8% y 9 de ellas en el rango normal de pH de 5.7. De las 27 muestras de la técnica de matanza sin estrés, resultaron 3 con un pH abajo de 5.6 siendo PSE (11%) y 24 resultaron con un pH normal de 5.7 (gráfica 6). Con base a las líneas genéticas utilizadas para este estudio, se supone que tanto la raza Yorkshire y la línea terminal Promagro® llevan sangre de la raza Pietrain, la cual con base a varios estudios se sabe que presentan el gen halotano, reconocido como el gen del síndrome de estrés porcino, lo que pudiera dar un mayor número de carnes PSE.



Gráfica 6. pH a las 24 horas *post-mortem*

Nitrógeno Amoniacal

De acuerdo a la técnica de nitrógeno amoniacal resultaron todos en condiciones aceptables, es decir menos de 30 mg por cada 100 g de muestra. Lo que indica que la carne analizada es fresca y apta para el consumo. La cual indica que no existe un deterioro microbiológico.

Proteína de Bradford

Se determinó la cantidad de proteína contenida en el líquido de oreo, obtenido de las muestras con estrés. Se encontró un promedio de 234 mg/mL de proteína. Considerando que la pérdida de proteínas por cada 100 g de carne darían un total de 2.34 g, en un kg de carne serían 23.4 g. Considerando que el consumo *per cápita* de carne de cerdo en México es de 15.7 kg al año, esto supondría que el consumidor, come 8.8 kg de carne proveniente de canales PSE (considerando el 56% de promedio de estudio anteriores), al año 206 g de proteína se perdería por la carne proveniente de los 8.8 kg de canales PSE, que si se convierte en carne serían 891 g no consumida. Suponiendo que somos 112, 337,000 de mexicanos¹⁷, habría una pérdida de 231, 414,222 kg de proteína al año.

Para conocer la pérdida exacta de proteína en consumo, se utilizó el método de equivalentes²⁰ que consiste en dividir los alimentos por nutrimento principal en porciones; el sistema de equivalentes desglosa la carne por 30 g con un contenido de 7 g de proteína,

5-7 g de grasa (que varía por tipo de corte) y 0 g de hidratos de carbono. Por ejemplo, 30 g de carne PSE aportarían 6.29 g de proteína, lo cual da una diferencia de 0.710 g contra una normal, por cada equivalente. El consumo de carne PSE en nuestro país es de 8.8 kg por habitante al año (56% del consumo per cápita), lo cual serían 293.3 equivalentes, si esto se multiplica por la pérdida de proteína da 208 g de proteína no consumida al año; la cual si se convierte a carne serían 891 g.

Aminograma

Se recolectó el líquido de 12 muestras obtenido del análisis de la técnica por goteo, que correspondieron a la técnica de matanza con estrés, las 11 restantes de esta técnica no se recolectaron, debido a que no era suficiente el contenido del líquido, para llevar a cabo la técnica de Bradford y aminograma (cuadro 1). Las 27 muestras restantes de la técnica sin estrés, no se recolectaron, ya que no presentaron líquido de oreo.

En el cuadro 1, se observa que los 4 exudados obtenidos se comportaron de manera similar, y no existe diferencia estadística significativa, el proceso para la obtención de esta carne fue el mismo (técnica de matanza, despiece, transporte), por lo que se deduce que la mayor pérdida de líquido fue en la técnica de matanza (con estrés), por otro lado las muestras de la técnica de matanza (sin estrés), no se analizaron ya que no se obtuvo líquido suficiente para las pruebas, en algunas incluso no hubo pérdida de líquido.

Cuadro 1. Aminoácidos presentes en el exudado de las muestras positivas a PSE (%)

Aminoácido	EXD 8 FEB	EXD 14 FEB	EXD 7 MAR	EXD 14 MAR
Ac. Aspártico	0.87	0.86	0.89	0.76
Ác. Glutámico	1.09	1.09	1.11	0.95
Serina	0.34	0.34	0.34	0.30
Histidina	0.72	0.72	0.66	0.72
Glicina	0.50	0.50	0.51	0.45
Treonina	0.39	0.39	0.38	0.36
Arginina	0.94	0.98	1.00	1.01
Alanina	0.57	0.57	0.57	0.51
Tirosina	0.31	0.31	0.33	0.28
Valina	0.54	0.58	0.55	0.50
Fenilalanina	0.31	0.30	0.30	0.25
Isoleucina	0.48	0.48	0.49	0.43
Leucina	0.70	0.71	0.70	0.60
Lisina	0.78	0.77	0.64	0.60

EXD= Exudado

En el cuadro 2, se puede observar que se pierden aminoácidos esenciales en el líquido de oreo de la carne de cerdo. Los aminoácidos que más se pierden son la Histidina y Arginina, esenciales durante la niñez, la mayor fuente se encuentra en alimentos de origen animal. Si consideramos que se pierde un 10% en el exudado de la carne PSE, se podrían generar problemas de audición en los infantes, déficit de desarrollo y crecimiento, por una deficiencia del consumo de este aminoácido en la dieta. Aunque el promedio del resto de los aminoácidos es de 4.7%, es una pérdida innecesaria ya que se evitaría con una matanza que garantice el no sufrimiento del animal durante todo el proceso *ante-mortem*.

Cuadro 2. Comparación de promedio de aminoácidos en carne de cerdo vs los aminoácidos del exudado

Aminoácido	Promedio de exudados en %	Promedio en carne de cerdo semigrasa mg ¹¹	Cantidad de mg por cada 10.16% de exudado	Cantidad que se pierde en una carne PSE en %
Ac. Aspártico	0.85	1664	86.3600	5.190
Ác. Glutámico	1.06	2676	107.6960	4.025
Serina	0.33	763	33.5280	4.394
Histidina	0.71	677	72.1360	10.655
Glicina	0.49	977	49.7840	5.096
Treonina	0.38	857	38.6080	4.505
Arginina	0.98	1046	99.5680	9.519
Alanina	0.56	1055	56.8960	5.393
Tirosina	0.31	712	31.4960	4.424
Valina	0.54	977	54.8640	5.616
Fenilalanina	0.29	669	29.4640	4.404
Isoleucina	0.47	866	47.7520	5.514
Leucina	0.52	1321	52.8320	3.999
Lisina	0.7	1509	71.1200	4.713
aminoácidos esenciales				
aminoácidos esenciales en la niñez				

Conclusiones

La matanza inadecuada de porcinos afecta la calidad de la carne, produciendo carnes PSE, lo que conlleva a pérdidas económicas para el carnicero (\$672.00 por cada cerdo de 100 kg), ya que se pierde líquido por goteo, hasta en más de un 10.16%, teniendo rendimientos menores, ya que de un cerdo de 100 kg se pierden 8.4 kg por goteo. Si se considera que al año en México se matan 21, 249,287 cerdos, si de éstos obtenemos el 56% PSE (media de estudios), 11, 899,600 cerdos resultaran en carne PSE. Considerando que la media de pérdida por oreo en carne PSE de nuestro estudio fue de 10.16%, del total de canales PSE en México el peso perdido equivaldría a aproximadamente 1, 209,000 cerdos,

con lo que podrías alimentar a 4, 110,600 personas en un año, considerando el consumo per cápita de 15.7 kg al año por mexicano. Todos estos efectos negativos sobre la calidad de la carne, se evitarían si la matanza de los animales fuera llevada sin estrés, ya que de esta manera, la canal no tiene una abrupta baja de pH, y por lo tanto la conversión de músculo a carne se llevaría sin la desnaturalización de las proteínas de la fibra muscular, y por ende no se liberaría agua en el tiempo de oreo. Por lo tanto, es importante fomentar que las matanzas ya no sean llevadas a cabo de forma clandestina y fuera de normatividad. Después de éste estudio, la unidad de producción aquí evaluada lleva sus animales al rastro municipal.

Referencias:

1. Aguilar, A. (2013). Azteca Noticias. Nombres, nombres: Rastros TIF contra clandestinos (consultado el 01 de agosto de 2013). En línea: <http://www.aztecanoticias.com.mx/capitulos/mexico/146906/nombres-nombres-rastros-tif-contra-clandestinos>
2. Alarcón, R.A., Duarte, A.J., Rodríguez, A.F. y Janacua, V.H. (2005). Incidencia de carne Pálida- Suave-Exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Técnica Pecuaria en México*. 43(3):335-346.
3. Alarcón, R.A. y Janacua, V.H. (2012). Alteración de las reacciones enzimáticas post-mortem en carnes pálidas, suaves y exudativas u oscuras, firmes y secas. En: Mota, R.D., Maris, H.S., Guerrero, L.I., y Trujillo, E.M. (Ed.). *Bienestar animal productividad y calidad de la carne*. Elsevier, México. Pp: 499-510.
4. Alonso, S. M. L. (2012), *Etología aplicada en el manejo de animales de abasto precio al sacrificio*, En: Mota, R.D., Maris, H.S., Guerrero, L.I. y Trujillo, M.E. (Ed.). *Bienestar animal productividad y calidad de la carne*. Elsevier, México. Pp: 223-238.
5. ANETIF. Asociación Nacional de establecimientos TIF A.C. (2013). De rastros clandestinos o sin certificar, 54% de la carne: productores. *Periódico La Jornada* (consultado el 2 de agosto de 2013). En línea: <http://www.jornada.unam.mx/2013/08/02/politica/018n2pol>
6. Bello, G.J. (2010). Carnes y derivados. En: Gil, H.A. y Ruiz, L.M. (Ed.). *Tratado de Nutrición, tomo II, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. Médica Panamericana, México. 2ª edición. Pp: 45-62.
7. Bendall, J.R. (1973). Post-mortem changes in muscle. En: Bourne, G.H. (Ed). *The structure and function of muscle*. New York. NY. Pp: 244-309.
8. Braña, V.D., Ramírez, R.E., Rubio, L.M., Sánchez, E.A., Torrescano, U.G., Arenas, M.M., Partida, P.A., Ponce, A.E., y Ríos, R.F. (2011). *Manual de análisis de calidad en muestras de carne*. Folleto Técnico 11. INIFAP, SAGARPA. México. Pp: 13-20.
9. CPM. Confederación de porcicultores Mexicanos A.C. (2015). Consumo per cápita de carne de cerdo (consultado el 2 de agosto de 2014). En línea: <http://www.porcimex.org/estadisticas/analiticos/percapita.htm>
10. Delvin, T.M. (2006). *Bioquímica, libro de texto con aplicaciones clínicas*. 4ta edición. Reverté. España. Pp: 1119-1120.

11. Diaz, G.D. (2010). Los aminoácidos y donde encontrarlos. Vitónica, Alimentación Deporte y salud (consultado el 9 de septiembre de 2014). En línea: <http://www.vitonica.com/alimentos-funcionales/los-aminoacidos-y-donde-encontrarlos-v>
12. Diestre, A. (1991). Factores genéticos que afectan a la calidad de la canal y de la carne (consultado el 12 de noviembre de 2014). En línea: www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/99CAP8.pdf
13. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). La carne y su contenido nutrimental (consultado el 10 de junio de 2014). En línea: http://www.fao.org/index_en.html
14. García, G.I. (2008). Métodos para incrementar la capacidad de retención de agua de la carne en la elaboración de productos. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. México. Pp: 2-15.
15. Gómez, G.D., Valadez, N.M., Méndez, G.M., Braña, V.D. (2013). El efecto del transporte en el bienestar animal y calidad de la carne de bovino y porcino sacrificados en el estado de Querétaro. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México. Pp: 45-53.
16. Gómez, G.D., Méndez, G.M., Elton, P.E., Zermeño, A.M., Mota, R.D. (2015). Evaluación de lesiones en canales de cerdo como indicador de pérdidas económicas y calidad de la carne. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México. Pp: 62-80.
17. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de población y vivienda 2010 (consultado el 10 de febrero de 2015). En línea: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
18. Kauffman, R.G. y Marsh, B.B. (1994). Características de calidad del musculo como alimento. En: Price, F.M., Schweigert, S.B. (Ed.). Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Acriba. España. Pp: 317-336.
19. Klug, E. (2013). El efecto del gen halotano sobre la calidad de carne porcina, Instituto Superior Particular Autorizado N° 4068 D´Barre (consultado el 15 de agosto del 2014). En línea: <http://books.google.com.mx/books?id=lyBW9dxSEAC&pg=PA95&dq=nutrientes+de+la+carne+de+cerdo&hl=es&sa=X&ei=zC4sVMuiMNafyATQuoCABA&ved=0CEcQ6AEwCA#v=onepage&q=nutrientes%20de%20la%20carne%20de%20cerdo&f=false>
20. Luzaur, P. (2014). Sistema Mexicano de alimentos equivalentes. 4ª Edición. Olagi y Fomento De Nutrición y Salud A.C. México. Pp: 23.
21. Mataix, V.J. (2002). Tratado de Nutrición y Alimentación. Océano/ergon. España. Pp: 119-124.
22. Melo, V., Cuamatz, O. (2007). Bioquímica de los procesos metabólicos. 2da edición. Reverté. España. Pp: 251-278.
23. Mirallas, M. (2007). Influencia del bienestar animal en la calidad de la carne. Navarra Agraria. Pp: 61.
24. Muñoz, C.M. (2010). Composición de alimentos. Mc Graw Hill. México. Pp: 98-109.
25. Neira, P. (2012). Consumo Mundial de carne. Nutrineira Nutrición y Dietética (consultado el 5 de julio de 2014). En línea: <http://www.nutrineira.com/2012/12/consumo-mundial-de-carne.html>
26. Neveau, J., Pommeret, P. y Lechaux, P. (1985). Proposition d'une méthode de mesure du rendement technologique: la "méthode Napole". Techni-porc. 8(6):7-13.
27. O'Neill, D.J., Lynch, P.B., Troy, D.J., Buckley, D. J., Kerry, J. P. (2003). Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. Meat Science (64):105-111.

28. Price, J.F. y Schweigert, B.S. (1994). Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2^{da} Edición. Acribia. España. Pp: 162.
29. WAP. World Animal Protection. Ludtke, C.B., Panim, C.J., Dandin, T., Cruz, B. P., Andrade, B.P., y Dalia, C.O. (2010). Manual STEP, Abate humanitario de suinos. Rio de Janeiro Brazil. Pp: 57-70.
30. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2012). La carne de cerdo (consultado el 22 de mayo de 2014). En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/>
31. Signorini, P.M., Civit, G.S., Bonilla, P.M. y Cervantes M.E. (2005). Guía Para La Administración De Rastros Y Mataderos Municipales. COFEPRIS Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (consultado el 15 de enero de 2015). En línea: www.cofepris.gob.mx/Documents/TemasInteres/Alimentos/GUIA1.PDF
32. Tornberg, E. (1996). Biophysical Aspects of Meat Tenderness. Meat Science. (43):175-176.
33. Voet, D., Voet, J., Pratt, C. (2009). Fundamentos de la bioquímica, la vida a nivel molecular. 2^{da} Edición. Panamericana. México. Pp: 714.

CAPÍTULO 9

DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO DE UN ADITIVO A BASE DE LEVADURAS VIVAS OBTENIDAS DE LA FERMENTACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE MANZANA PARA MEJORAR LA ALIMENTACIÓN EN ANIMALES PRODUCTORES DE CARNE Y LECHE

Daniel Díaz Plascencia
Pablo Fidel Mancillas Flores
Carlos Rodríguez Muela
José Mario Mendoza Carrillo
Rosario Martínez Yáñez

Introducción

El uso indiscriminado de promotores de crecimiento en la producción animal y la creciente demanda por satisfacer las necesidades de alimentos, en una sociedad cada vez más exigente, nace la necesidad de plantear nuevas alternativas para reducir el uso de antibióticos usados hoy en día en la ganadería que ponen en riesgo la salud humana y animal. Algunos microorganismos benéficos, conocidos como 'probióticos', así como ciertas biomoléculas y compuestos derivados, se suministran directamente a los animales para mejorar su metabolismo, salud y producción^{28,45,112}. Los probióticos estimulan la digestión del alimento y ayudan a mantener el equilibrio microbial en el intestino de los animales, lo que disminuye el estrés derivado de los cambios en las dietas, la susceptibilidad al ataque de patógenos y el mal manejo de los animales^{3,59}. Las enzimas, vitaminas y otros nutrientes o factores de crecimiento producidos por estos microorganismos favorecen la respuesta de producción en los animales que los consumen^{19,59}.

El desarrollo de productos mediante la fermentación sólida sumergida (FSS) ha generado mayor interés en los últimos años. Esto debido al aumento en los costos de los ingredientes convencionales como esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales utilizados en la alimentación del ganado. Un ejemplo lo representan los cultivos de

levaduras, los cuales se han empleado en una forma dinámica en las últimas décadas buscando mejorar la respuesta productiva de los animales a menor tiempo y costo de inversión. Está documentado que los aditivos de levaduras, compuestos fundamentalmente por *Saccharomyces cerevisiae* han mejorado la salud y la productividad de los animales que las consumen^{64,74}.

La búsqueda de alternativas para mejorar la calidad de alimentos y la productividad de los animales a menor costo y que no compitan con la alimentación humana y que además constituyan fuentes naturales y seguras para la salud del consumidor y la de los propios animales son algunas de las primicias para los nutriólogos¹⁵. Es importante mencionar que el enriquecimiento nutritivo de subproductos agroindustriales a través de procesos de fermentación, también se ha probado en otro tipo de sustratos^{83,87}. Diversos estudios se han enfocado a evaluar el proceso de fermentación en la búsqueda de su optimización^{9,36,92}. Estos mismos autores describieron la existencia de una variabilidad en la concentración y calidad nutritiva del producto, dependiendo en su mayor parte, por los niveles de concentración de carbohidratos estructurales del sustrato utilizado.

El uso de un aditivo de levaduras *Kluyveromyces lactis* obtenido a partir del bagazo de manzana, por medio de la técnica fermentación sólida sumergida (FSS) contribuirá en un futuro en el desarrollo de levaduras de gran utilidad en la nutrición y alimentación animal, al aportar de manera eficiente levaduras benéficas activas, siendo una vía biotecnológica adecuada para el aprovechamiento de desechos agroindustriales ricos en carbohidratos³⁶. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue la evaluación de diferentes sustratos y cepas de levaduras autóctonas obtenidas de la fermentación de subproductos de manzana para la elaboración de un aditivo líquido para ser usado en la alimentación animal.

Fermentación de Manzana

Se ha desarrollado un proceso biotecnológico del cual se obtuvo un producto al que llamaron “*manzarina*” el cual usaron en la alimentación animal, que obtuvieron de la fermentación en estado sólido (FES) de la manzana^{8,35}. En este proceso la energía de los carbohidratos disponibles y la urea como fuente de nitrógeno son utilizadas para el

crecimiento de la microbiota epifita de la manzana. El desarrollo biotecnológico de la manzarina como alimento alternativo para consumo animal, está llamada a constituir un elemento importante en el desarrollo de la producción animal en el Estado de Chihuahua, demostrando la factibilidad de aprovechar los recursos alimenticios de bajo valor nutritivo, como son los subproductos de manzana a través de la FES³⁵. El uso de la FES de subproductos de manzana constituye una alternativa para su aprovechamiento, evitando la contaminación ambiental provocada por la rápida descomposición de su material orgánico³⁷.

Uso de Manzarina en la alimentación animal

La manzarina ha sido utilizada como ingrediente en la elaboración de bloques multinutricionales los cuales fueron evaluados en la alimentación de becerros en crecimiento⁸⁹. Es un suplemento proteico que se ha obtenido a mediana escala en condiciones rústicas para ofrecerse en la dieta de rumiantes. Se reportó que puede sustituir parte de la cantidad de los ingredientes en dieta de vacas lecheras, con incremento en la producción láctea⁴⁷ y beneficios en la salud del animal⁴². Se ha evaluado como ingrediente en la dieta para la alimentación de borregos en engorda⁵¹ y como parte del suplemento en alimentación de bovinos productores de carne⁹⁰.

SE ha reportado que becerros en engorda, alimentados con bloques multinutricionales, elaborados con un 14.6 % de manzarina en la dieta completa puede tener ganancias diarias de peso de 0.570 kg d⁻¹; la dieta se basó en el uso de forraje verde picado y rastrojo de maíz, utilizando el bloque multinutricional como concentrado proteico⁹⁰. El consumo de bloque fue de 1.52 kg a⁻¹ d⁻¹, el costo de la materia prima para la elaboración de los bloques fue menor al utilizar la manzarina comparado con el costo de la materia prima que se requiere para elaborar bloques multinutricionales con harinolina como principal fuente de proteína. Durante la FES del bagazo de manzana (BM), el producto obtenido es enriquecido nutricionalmente por el incremento de la cantidad de levaduras con que se inoculó o por el desarrollo poblacional de aquellas que se encuentran presentes de manera natural en el BM^{9,37,107}; por lo cual se puede asumir que además de ser un

alimento rico en proteína verdadera (PV), aporte alta cantidad de levaduras en el alimento a ofrecer a los animales.

Una célula de levadura puede llegar a pesar 7.922×10^{-11} g lo que puede representar una fracción importante de la materia seca (MS) de la manzanina⁴⁸, considerando que se han obtenido conteos de hasta 4.5×10^8 UFC/mL⁹⁰ en base seca, esa cantidad puede ser hasta 10 veces mayor.

Uso de levaduras en la nutrición animal

Las levaduras agregadas en la dieta de rumiantes influyen el metabolismo microbiano ruminal⁷⁴; se ha reportado que al agregar cultivos de levaduras en dietas con una alta proporción de concentrado, se puede reducir la producción de lactato e incrementar el pH en el rumen⁷⁵; incluso en la dieta de vaquillas lecheras puede incrementar la cantidad total de bacterias viables en el rumen⁶¹. Sin embargo, aún y cuando las levaduras son anaerobias facultativas, debido a su hábitat natural aerobio (requieren oxígeno para el desarrollo normal de sus poblaciones), 24 h después de suspender su suplementación en la dieta, la cantidad de levaduras viables en condiciones ruminales puede ser indetectable⁶⁰. Cuando se incluyen en dietas para ganado lechero, muestran tendencias a tener menor concentración de ácidos grasos no esterificados en la circulación sanguínea periférica, después del parto² tienden a incrementar la producción y el porcentaje de grasa en la leche^{84,110} y el consumo de materia seca¹¹⁴ e incluso pueden disminuir la pérdida de condición corporal antes del parto⁸⁸.

En no rumiantes, productos obtenidos de las levaduras tienen un efecto benéfico en la ecología microbiana del conducto gastrointestinal; disminuyen la población de *clostridium perfringens*⁵³, pueden capturar bacterias patógenas debido a que las bacterias se unen a las paredes celulares de levaduras⁴³, permitiendo tener un efecto de modulación en la concentración microbiana en el intestino de cerdos destetados¹¹¹. Los cultivos vivos de levaduras permiten la estabilización de la micro flora normal del ciego cuando se ofrecen en la dieta a cerdas gestantes y lactantes¹⁰⁸, existiendo la posibilidad de incrementar su productividad, debido a incrementos en la ganancia de peso de las camadas y reducción del número de días del destete al empadre de la cerda⁵⁸.

Cultivos de levadura en la fermentación ruminal

La inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) en la dieta resulta en un aumento en el número total de bacterias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*), tanto *in vitro* como *in vivo*⁶⁴. Se ha observado que observaron la estimulación del crecimiento del hongo *Neocallimastix frontalis*²⁴. Estos mismos autores reportaron que Sc parece estimular la utilización de lactato por *Megasphaera elsdenii* y *Staphylococcus ruminantium* propiciando un aumento en la síntesis de propionato⁶⁴. Así mismo, estos últimos reportaron que la disminución del nivel de ácido láctico resulta en un incremento del pH ruminal favoreciendo el crecimiento de las bacterias celulolíticas, provocando un incremento en la digestión de la fibra y en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV). Por otra parte, el efecto de Sc sobre la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) es muy variable, y se ha observado tanto una reducción como un incremento²⁵.

Se ha reportado evidencia del efecto de las levaduras sobre la fermentación ruminal, mencionando que las levaduras y sus medios de cultivos pueden contener nutrientes (ácidos orgánicos, vitaminas del grupo B, enzimas, aminoácidos, etc.) que estimulan el crecimiento de las bacterias que digieren la celulosa y utilizan el ácido láctico¹⁵. Estos mismos autores publicaron que las levaduras vivas mediante su acción de respiración, consumen el oxígeno residual disponible en el medio ruminal, protegiendo a las bacterias anaeróbicas estrictas. Se han comparado varias cepas de Sc y observaron una fuerte correlación entre la capacidad de las levaduras de consumir oxígeno y el crecimiento bacteriano, lo que les permitió concluir que el efecto de estimulación de Sc sobre las bacterias ruminales podría atribuirse, al menos parcialmente a su actividad respiratoria⁷⁷.

Se ha reportado un mecanismo de acción para levaduras y hongos mediante el cual el aumento del pH ruminal y la reducción de la disponibilidad de oxígeno estimulan el incremento en número de las bacterias celulolíticas y por ende, se mejora la degradabilidad de la fibra, disminuye el llenado ruminal, aumenta la ingestión de materia seca e incrementa la producción, sin que mejore necesariamente la eficacia de utilización de nutrientes¹¹⁶. Publicaron que la levadura también tiene un potencial de incrementar el proceso de fermentación en el rumen de manera que disminuya la formación de gas metano (CH₄)²⁷. Por otra parte, propusieron que a través de una selección de cepas, puede ser

posible desarrollar un producto de levadura comercial que disminuya la producción de CH₄ mientras minimiza la acidosis ruminal y promueva la digestión y fermentación de la fibra⁷⁸.

Probióticos en la alimentación animal

La dieta juega un rol importante en la salud animal y humana. En años anteriores, se ha dedicado especial atención a la producción de alimentos funcionales, teniendo como objetivo adicionar microorganismos o compuestos benéficos dentro del organismo a través del consumo diario de la dieta³⁴. Los probióticos han mostrado resultados prometedores en varias áreas de producción animal. Un probiótico se define como un cultivo o cultivo mixto de microorganismos vivos que benefician al hombre o animales mejorando las propiedades de la microflora autóctona del intestino²². Así mismo, se ha mencionado que los probióticos son microorganismos viables y benéficos para el huésped cuando son consumidos en cantidades apropiadas, lo que se traduce en una mejor producción y salud⁹³. Los beneficios incluyen la inhibición de bacterias patógenas, reducción de niveles de colesterol en suero, diarrea y cáncer intestinal; mejoran la tolerancia a la lactosa, absorción de calcio, síntesis de vitaminas y estimulan el sistema inmune⁹⁶. Se han sugerido posibles mecanismos que exhiben el papel benéfico en el animal, indicando la colonización y adhesión en la mucosa intestinal (competencia por receptores), competencia por nutrientes, producción de sustancias antimicrobiales y la estimulación de la mucosa y sistema inmune¹².

Las levaduras como probióticos están ganando popularidad en los sistemas de engorda, ya que son resistentes y con una alta viabilidad en condiciones ambientales adversas. Reportaron que las levaduras ejercen actividad inhibitoria sobre diferentes cepas de bacterias patógenas, desarrollando una actividad bactericida o bacteriostática debido a ciertos compuestos metabólicos producidos por las mismas²⁹. Se ha mencionado que corderos alimentados con probióticos disminuyeron la excreción de *Escherichia coli* O157:H7, los mismos autores publicaron que la suplementación microbial directa en el alimento también redujo la cantidad de *Salmonella ssp.* en bovinos productores de carne¹⁰¹. La utilización de varias especies de probióticos favorecen el incremento de la ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia alimenticia de corderos y bovinos en engorda durante el período inicial de la alimentación⁶².

Mecanismos de Acción de las Levaduras en el Rumen

Aunque se han propuesto muchos mecanismos de acción que regulan la respuesta en los rumiantes al incluir levaduras^{31,65,69,77,109} estos aún no quedan debidamente esclarecidos⁶⁸. Uno de los mecanismos propuesto es que las levaduras vivas a través de su respiración aerobia permiten eliminar el pequeño porcentaje de oxígeno (1 %) que entra al rumen cuando el animal ingiere los alimentos, facilitando así el crecimiento de los microorganismos anaerobios más estrictos como bacterias celulolíticas y hongos^{77,94}. Otro mecanismo de acción propuesto es que los cultivos de levaduras proveen vitaminas (específicamente tiamina), glucanos, mananoproteínas y ácidos orgánicos que estimulan el crecimiento de microorganismos que digieren la fibra y utilizan el ácido láctico^{24,79,81}.

Función de la Pared Celular de Levaduras en el Sistema Inmune

La pared celular de las levaduras contiene manano oligosacáridos (MOS) que pueden actuar como receptores de alta afinidad compitiendo con los sitios de unión con las bacterias Gram negativas, las cuales poseen fimbrias específicas de manosa tipo 1⁸², eliminando patógenos del sistema digestivo y evitando la colonización y fijación del patógeno a la mucosa⁸⁰. Este beneficio puede provocar una respuesta antigénica importante, mejorando así la inmunidad humoral contra patógenos específicos a través de la presencia de antígenos a las células inmune atenuada, además, este proceso puede deprimir la respuesta inmune proinflamatoria, la cual es perjudicial para el comportamiento productivo⁴⁰. Otro componente predominante de la pared celular de levaduras, es el β -1,3/1,6-glucano (β -glucano), el cual ha mostrado tener efecto inmunomodulatorio cuando las levaduras se usaron como suplementos en dietas para aves²¹, cerdos⁶³ y animales acuáticos³⁰.

Pocos estudios han investigado el uso de los componentes de la pared celular de levaduras sobre la función inmune en ganado lechero⁸⁰. Sin embargo, se ha observado que la suplementación de vacas secas con MOS mejoró la respuesta inmune humoral contra rotavirus e incrementaron la transferencia de anticuerpos para sus crías⁴¹. Los oligosacáridos presentes en la pared celular de Sc tales como glucanos y mánanos mejoran el sistema inmune e influyen en la interacción patógeno-huésped en el tracto digestivo de

animales y humanos⁸⁶. Animales de laboratorio, que consumieron glucanos de avena mejoraron la función de neutrófilos incrementando la defensa contra patógenos⁷⁶. Esto puede ser particularmente importante en becerros jóvenes, que son comúnmente afectados por protozoarios, virus y bacterias que causan enfermedades del tracto digestivo y algunos otros que pueden dar lugar a infecciones sistémicas⁶⁷. Así mismo, productos solubles de cultivos de levaduras inhiben la actividad y crecimiento microbiano y modulan el sistema inmune⁵⁷.

Función de los Microminerales en el Sistema Inmune

Los minerales traza (MT) tales como el cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobalto (Co) son importantes para el correcto crecimiento, reproducción y respuesta inmune³⁸ y en muchos procesos fisiológicos de los animales. Sin embargo, el impacto de la suplementación de MT sobre la inmunidad en rumiantes ha sido variable⁹⁹. Este mismo autor mencionó que la suplementación de oligoelementos se centró en un principio en prevenir signos clínicos de deficiencia y la disminución de la producción, pero el rol de estos elementos en la inmunidad ha sido enfatizado en estudios más recientes. La concentración de Zn y Cu en suero están influenciados por muchos factores, tales como el tiempo de muestreo y el animal¹⁰⁰. Por otro lado, en los componentes de la sangre pueden influir muchos factores externos (clima, estación del año y hora del día) y factores internos tales como la raza, edad y etapa de lactación⁷¹. Las deficiencias de minerales traza resultan en un daño en la tasa de crecimiento¹⁰, dificultades al parto⁵⁶ y disminución en la producción de células T, células B, neutrófilos y macrófagos, propiciando un incremento en la susceptibilidad a infecciones²³.

Actividad Antioxidante

La nutrición tiene un gran efecto sobre la salud y la inmunidad en los animales, las deficiencias nutricionales perjudican la respuesta inmune y por lo tanto, incrementan la morbilidad y mortalidad²⁶. Este mismo autor mencionó que los antioxidantes sirven para estabilizar los radicales libres altamente reactivos, por lo que mantienen la integridad funcional y estructural de las células. Los antioxidantes han sido agrupados en enzimáticos

y no enzimáticos, y son las sustancias capaces de controlar en el organismo la producción de radicales libres (RL) que se generan como consecuencia del metabolismo aerobio, ya sea secuestrando RL o estabilizándolos⁵⁰. Para contrarrestar los RL existe en primera instancia el sistema antioxidante enzimático, que incluye la seleno-enzima glutatión peroxidasa (GPx) que actúa fundamentalmente reduciendo el peróxido de hidrogeno (H_2O_2), y la SOD que actúa sobre el anión superóxido (O_2^-) transformándolo en un radical secundario (H_2O_2) para una posterior acción de la GPx¹⁰⁵.

La mayoría de las moléculas presentes en el organismo son químicamente estables, es decir, tienen un número par de electrones en su orbital externo, pero existen otras cuyo número de electrones es impar, estas sustancias químicas altamente inestables y reactivas se conocen como radicales libres, cuando un radical interactúa con una sustancia estable, toma de ella un electrón cargando positivamente la molécula^{6,49}; así el compuesto estable se convierte en un radical libre altamente agresivo, pudiendo generar más radicales, dando lugar a una reacción en cadena. Por otra parte, el oxígeno aun siendo esencial para la vida, también es tóxico por ser una sustancia oxidante ya que puede aceptar electrones desestabilizando a la molécula que lo pierde, por tanto en el metabolismo aerobio se producen oxidantes denominados metabolitos oxigenados reactivos, entre los que se encuentra el O_2^- , hidróxido (OH) y H_2O_2 ²⁰.

El confinamiento y el estrés calórico pueden contribuir a incrementar los requerimientos de antioxidante en los animales. Por lo que se ha motivado en realizar estudios en los que se ofrecen suplementos antioxidantes a los animales, en la dieta o en forma parenteral, observándose que la suplementación mejora la respuesta inmune y disminuye el estrés oxidativo, provocando una mayor resistencia a enfermedades infecciosas y degenerativas²⁶. Así mismo, a medida que un individuo envejece dicho balance está a favor de los oxidantes, lo que hace de interés la necesidad de ingerir alimentos con antioxidantes para disminuirlos⁴⁶. En otro estudio, mencionaron que la vitamina E es un antioxidante fenólico lípido soluble; por lo que su actividad antioxidante se basa en la habilidad de donar un átomo de hidrógeno a radicales libres¹¹⁷.

Biometría hemática en rumiantes

En la práctica clínica de la Medicina Veterinaria los parámetros de los valores de biometría hemática (BH) son una ayuda diagnóstica fundamental en el análisis y orientación del estado clínico de un animal y en el seguimiento de un determinado hato; esta información es útil en los casos de control, valoración de procesos de estabilidad enzoótica y el estado nutricional de los animales. Así mismo, la BH es un examen de ayuda diagnóstica que en la evaluación clínica permite tomar decisiones profilácticas y curativas⁷, la evaluación numérica y descriptiva de los elementos celulares de la sangre (glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas); constituyendo una de las pruebas más solicitadas en el laboratorio clínico, ya que acompaña casi todos los protocolos de diagnóstico con precisión, exactitud y rapidez.

Los componentes celulares sanguíneos, transportan oxígeno (glóbulos rojos o eritrocitos), protegen de organismos extraños y antígenos (glóbulos blancos o leucocitos), fagocitando, capturando o destruyéndolos, e inician la coagulación¹. Estos mismos autores, mencionaron que las células sanguíneas se dividen en leucocitos (fagocitos y linfocitos); los fagocitos se subdividen en monocitos (mononucleares) y granulocitos (polimorfonucleares), así mismo, estos últimos se subdividen en neutrófilos, eosinófilos y basófilos. Por otro lado, los linfocitos son glóbulos blancos responsables de la inmunidad humoral y celular, su producción se origina en la médula ósea. Los análisis hematológicos muestran las cantidades de los elementos celulares; su evaluación permite determinar problemas de salud, inflamación de tejidos o funciones proliferativas de la médula ósea¹.

Cabe mencionar y destacar que toda esta información presentada ha servido como plataforma para plantear la creación de un aditivo líquido de levaduras vivas, ayudando de una manera significativa en la reducción de la mano de obra que se requiere para desarrollarlo y llevarlo a cabo, por lo cual, fue llevado a cabo el siguiente experimento:

Materiales y Métodos

Material y equipo experimental

El material utilizado para este experimento fue: ocho cepas de levaduras obtenidas de la fermentación del bagazo de manzana, melaza de caña, urea, sulfato de amonio, premezcla de minerales y vitaminas, agua destilada, balanza analítica, matraces Erlenmeyer de 1,000 mL (Kimax)[®], bombas oxigenadoras portátiles, mangueras y conexiones de plástico, envases de plástico de 10 mL, frascos de vidrio de 50 mL, malla de nylon[®], potenciómetro de mesa (HANNA)[®], microscopio, cámara de Neubauer^{MR}, refractómetro HI 96801(HANNA)[®], termómetro digital (TAYLOR)[®], espectrofotómetro Coleman Junior[®] II modelo 6|20, Incubadora Shaker I2400, CO₂ y tres vacas Holstein en producción fistuladas con promedio de 600 kg de peso vivo.

Material biológico y medios de cultivo

Las ocho cepas de levaduras que se utilizaron para este trabajo fueron obtenidas a partir de la FES de BM, las cuales fueron identificadas a través de la extracción y amplificación del ADN_r 18S mediante la reacción en cadena a la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), en el laboratorio de transgénesis animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Para la identificación se realizó un cultivo de levaduras por dilución seriada y se aislaron 16 colonias a las cuales se les extrajo ADN para amplificar una región del ADN_r 18S (752 pb). El producto de PCR obtenido se sometió a secuenciación y el análisis de las secuencias se realizó con el programa Blast de la base de datos del *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). El análisis de las secuencias mostró que las levaduras correspondientes a las 16 colonias aisladas fueron: *Saccharomyces cerevisiae*; *Issatchenkia orientalis* y *Kluyveromyces lactis*¹⁰⁷. Las cepas utilizadas para este trabajo fueron *K. lactis*, cepas 2, 9, 11 y 13; *I. orientalis*, cepas 3 y 8; *S. cerevisiae*, cepas 4 y 6, todas obtenidas a partir de la FES de BM.

Las cepas se mantuvieron viables mediante resiembras periódicas en cuñas y en cajas Petri. El medio que se utilizó fue extracto de malta a razón de 33.6 g/L y el tiempo de

incubación fue de 48 horas a una temperatura de 30°C. Posteriormente, se conservaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.

Preparación de inóculos

Se utilizaron ocho cepas de levaduras para la elaboración de ocho inóculos, todos contaron con la adición de 100 g de melaza, 1 g de levadura obtenida de las diferentes cepas, 1.2 g de urea, 0.2 g de sulfato de amonio y 0.5 g de premezcla de vitaminas y minerales traza aforándose a 1,000 mL con agua destilada y utilizando oxigenadores para cada matraz, el tiempo de fermentación para cada inóculo fue de 96 h a una temperatura un ambiente promedio de 20 °C. Una vez terminado el tiempo de fermentación para cada uno de los inóculos, se procedió a realizar los conteos de levaduras, a lo que posteriormente se realizaron diluciones de cada uno hasta ajustarlos a 1.8×10^9 UFC viables/mL.

Tratamientos

Con las ocho cepas se prepararon ocho tratamientos: t1) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 2; t2) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 9; t3) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 11; t4) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 13; t5) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 3; t6) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 8; t7) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 4 y; t8) 0.2 g dieta ofrecida + 10 mL líquido ruminal + 20 mL saliva artificial y 1 mL inóculo cepa 6. Sus combinaciones fueron evaluadas en 120 frascos de vidrio de 50 mL, con 3 repeticiones por tratamiento (t) y diferentes horas (h) de muestreo 12, 24 y 48 h para las variables; conteos de levaduras (CL), nitrógeno amoniacal (NH_3) y ácido láctico (AcL); y 3, 6, 12, 24 y 48 h para la producción de gas (PG).

VARIABLES MEDIDAS

Conteo de Levaduras (CL)

Para este análisis se tomó como base, la metodología descrita por Díaz³⁵.

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)

De las muestras líquidas obtenidas de las 12, 24 y 48 h se determinó por colorimetría¹⁷.

Ácido Láctico (Acl)

De las muestras líquidas obtenidas de las 12, 24 y 48 h se determinó por colorimetría¹⁰³.

Producción de Gas *In Vitro* (PG)

Este método es usado para determinar la cantidad de gas producido para forrajes en un período de incubación de 96 h. La cantidad de gas liberado está estrechamente relacionado con la degradabilidad del alimento⁷². La preparación de la muestra involucró el molido del sustrato en una malla de 1mm⁷³. Se secaron las muestras a 105°C por 8 horas. El medio ruminal *in vitro* estuvo formado por búferes de bicarbonato y fosfato, un agente reductor, una fuente de nitrógeno, varios minerales y resazurina. El CO₂ fue usado durante la preparación del medio para asegurar un ambiente anaerobio en el tiempo de inoculación.

La solución A (micro mineral) está constituida por 13.2 g CaCl₂.2H₂O, 10.0 g MnCl₂.4H₂O, 1.0 g CoCl₂.6H₂O, 8.0 g FeCl₃.6H₂O en 100 mL con agua destilada; la solución B (solución búfer) consta de 39.0 g NaHCO₃ ó 35.0 g NaHCO₃ + 4.0 g de (NH₄) HCO₃ en 1 litro con agua destilada; la solución C (macro mineral) está constituida por 5.7 g Na₂HPO₄, 6.2 g KH₂PO₄, 0.6 g Mg SO₄.7H₂O en 1 litro con agua destilada; solución resazurina (100 mg de resazurina) hecha en 100 mL con agua destilada; y la solución reductora que consta de 4 mL 1N NaOH, 625 mg Na₂S.9H₂O, agregado a 95 mL de agua destilada.

La incubación se llevó a cabo en frascos de vidrio de 50 mL; dentro de estos se colocó 0.2 g de muestra, 10 mL de líquido ruminal y 20 mL de saliva artificial y 1 mL de

levadura de los diferentes inóculos por tratamiento. Para la recolección del líquido de ruminal se utilizaron tres vacas Holstein en producción con un peso promedio de 600 kg, fistuladas en el saco dorsal del rumen y provisto con una cánula simple (Bar Diamond, Inc). Las mismas se encontraban estabuladas en camas individuales y consumían una dieta integral formada por grano de maíz, semilla de algodón, salvado de trigo, grasa animal, grasa de sobre paso, gluten de maíz, harinolina, pasta de soya, melaza de caña, minerales traza, bicarbonato de calcio, sal común, urea, ensilaje como forraje y alfalfa, así mismo, agua a libre acceso.

La composición química de la dieta consumida por las vacas fistuladas en (base seca) fue la siguiente: MS, 61.13; PC, 17.80; FC, 21.87; Ceniza, 11.13, EE, 4.45 y ELN, 44.75 de acuerdo al método AOAC⁴. El fluido ruminal se colectó 15 minutos antes de iniciar la prueba con la ayuda de una bomba de vacío. La toma del fluido ruminal colectado de las vacas fue realizada en la mañana inmediatamente antes de la alimentación, considerando que los microorganismos son menos activos pero más consistentes en su composición y actividad^{11,72}.

Las muestras se trasladaron al laboratorio en un termo con capacidad para 1,000 mL herméticamente cerrado previamente atemperado y posteriormente se filtró a través de muselina. El procedimiento se realizó bajo atmósfera de CO₂ con el propósito de garantizar las condiciones de anaerobiosis. Los frascos con muestra, líquido ruminal y saliva artificial se sellaron y se incubaron a 39 °C con agitación constante (68 rpm), protegiéndolos de la luz; el período de evaluación duró 48 h. La presión interna de los frascos (ejercida por la PG) se midió con un transductor de presión a las 3, 6, 12, 24 y 48 h de incubación. Los valores de presión se convirtieron a volumen de producción de gas (PG en mL)¹⁰⁴. La PG neta/h de cada muestra, se obtuvo de la diferencia de la PG observada menos el promedio de PG del blanco. Los datos se expresaron en mililitros de PG por cada 0.2 g de materia seca (mL PG/0.2 g MS).

Parámetros de fermentación ruminal *in vitro* (A, B, C)

Las soluciones A, B, C y resazurina se agregaron dentro de un matraz con agua destilada, el cual se introdujo en un incubador rotatorio (Incubador Shaker I2400) a 39 °C, posteriormente se le agregó la solución reductora y se burbujeó CO₂ a toda la mezcla hasta que el color se tornó de azul a rosa y finalmente claro (transparente). El líquido ruminal previamente colectado fue filtrado a través de una media de nylon y mezclado junto con la saliva artificial, la relación final saliva artificial: líquido ruminal fue de 2:1. Es de mencionar que los parámetros A, B y C solo se utilizaron para la preparación de las muestras, pero no se utilizaron en la interpretación de los resultados debido a que solo se buscó ver el efecto de degradación ruminal *in vitro* en el tiempo de este experimento.

Análisis estadístico

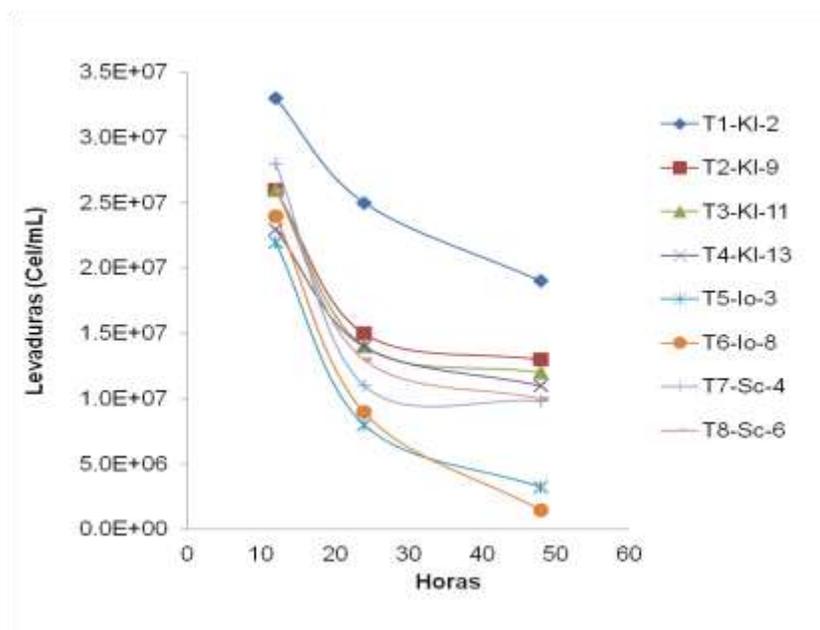
Se analizó con un modelo mixto, utilizando como efectos fijos el tiempo y tipo de cepa (inóculo). Como efecto aleatorio, se utilizó la repetición anidada dentro de cada tratamiento; los datos se evaluaron con el procedimiento (Proc Mixed) del programa SAS⁹⁷, para un diseño al azar de ocho tratamientos en parcelas divididas en el tiempo.

Resultados y Discusión

Conteo de Levaduras (CL)

Se encontró efecto ($P < 0.01$) por la interacción tiempo por inóculo, esto indica que hubo diferencias en la cantidad de levaduras con un incremento en los distintos tratamientos en función al tiempo. La concentración más alta de levaduras que se encontró en la PG se observó en el t1, con la cepa *K. lactis*-2 que sobresalió en todos los tiempos de muestreo, el t5 con la cepa *I. orientalis*-3 y el t6 con la cepa *I. orientalis*-8 disminuyeron rápidamente del ambiente ruminal. Las levaduras de los diferentes inóculos sometidas a la PG disminuyeron gradualmente a medida que transcurrió el tiempo de fermentación lo cual coincide con resultados similares obtenidos cuando estudiaron el crecimiento de Sc en el ambiente ruminal^{5,18,54}. Estos autores señalaron que las levaduras son incapaces de

mantener una población productiva dentro del ambiente ruminal, ya que este contiene factores inhibitorios para su crecimiento como la temperatura (Gráfica 1).



Gráfica 1. Comportamiento ruminal de los diferentes inóculos de levaduras durante la producción de gas

Los inóculos t1, t2, t3 y t4 con la levadura *K. lactis* y t8, con la levadura *S. cerevisiae* mostraron tener una mayor población de levaduras en el rumen con respecto a los demás inóculos hasta las 48 h, esto debido al aprovechamiento del ácido láctico como una fuente de energía para seguir desarrollándose, lo que concuerda con otros trabajos realizados por otros investigadores^{36,91}. Los inóculos t5, t6 y t7 proporcionaron una concentración de levaduras aceptables, pero de inmediato las mismas entran en fase de degradación¹¹³. Sin embargo, es de mencionar que el proceso de fermentación anaeróbica en el rumen por parte de los microorganismos convierte a los substratos principalmente en carbohidratos y proteínas, en proteína microbiana y otros productos finales de la fermentación como lo son los AGV, bióxido de carbono (CO₂), péptidos y aminoácidos, entre otros^{32,52,70}.

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)

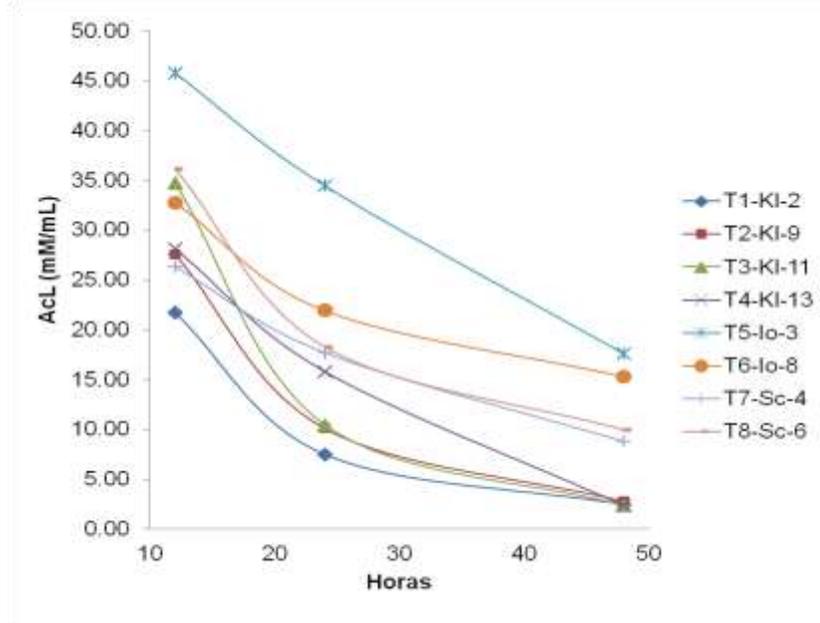
Se encontró efecto ($P < 0.01$) por la interacción tiempo por inóculo, indicando diferente comportamiento entre las cepas a través del tiempo de fermentación, este incremento de tratamiento fue más marcado en el t5, t7 y t8. El nitrógeno amoniacal (N-NH₃) constituye la fuente principal de nitrógeno para los microorganismos ruminales, el cual puede suplir entre el 40 y el 100 % de las necesidades de nitrógeno para la síntesis de proteína microbiana³³. Este efecto es dado por la urea añadida a los sustratos en los procesos de fermentación, ya que es transformada a NH₃ por efecto de especies microbianas ureolíticas así lo han reportado diversos autores en diferentes trabajos en la producción de manjarina y sacharina principalmente, mostrando efectos similares a este^{14,37,91,106}.

Si el sustrato tiene un aporte energético bajo, los microorganismos no pueden incorporarlo en la formación de aminoácidos para su crecimiento o lo hacen en una proporción baja. Cuando se tiene un pH bajo el NH₃ producido es retenido en el sustrato³⁶. El NH₃ también puede producirse por actividad desaminativa y de esta manera puede ser utilizado por microorganismos que no hidrolizan la urea agregada al medio de fermentación y como resultado, la cantidad de algunos microorganismos presentes en los sustratos fermentados se puede incrementar e incluso pueden desaparecer, haciendo que se incrementen o bajen los niveles de NH₃; como resultado de esto, se modifica el medio de fermentación y provoca cambios en el pH, en la velocidad de tránsito ruminal y en la población microbiana predominante, que a su vez pueden alterar la actividad proteolítica^{16,17}.

Ácido Láctico (AcL)

En esta variable se observó un efecto ($P < 0.01$) en las horas de fermentación sobre la concentración de AcL en todos los tratamientos. Los valores estimados de las medias de los tratamientos t1, t2, t3 y t4 con el inóculo de la levadura *K. lactis*, presentaron más pérdida de AcL en comparación a los otros inóculos de las 12 a las 48 h. El comportamiento para esta variable por parte de las cepas de los tres géneros diferentes, se aprecia que a las 48 h, las cuatro cepas de *K. lactis* tuvieron menos AcL, luego las dos cepas del género *S.*

cerevisiae y las que más concentración mostraron de AcL fueron las dos cepas de *I. orientalis* (Gráfica 2).



Gráfica 2. Comportamiento del ácido láctico en los diferentes inóculos de levaduras durante la producción de gas

El incremento de AcL en algunas fermentaciones inhibe el crecimiento microbiano e induce a la muerte celular de la levadura o de los microorganismos presentes, así lo manifiestan varios estudios^{39,65,66}. Es conocido que la toxicidad del AcL depende del pH en el sistema. A un pH bajo, el AcL presente se encuentra principalmente en forma no disociada y puede entrar a la célula microbiana por difusión pasiva⁴⁴ en el citoplasma se disocia debido al pH más neutro y se liberan los protones, bajando el pH del citoplasma, lo cual interfiere con algunas reacciones metabólicas⁹⁸, así como en el transporte de nutrientes e iones cambiando la estructura de la membrana, en los ácidos grasos la composición de los fosfolípidos y la síntesis de proteína^{66,85}. El AcL es producido por el catabolismo de los carbohidratos y es el mejor indicador de la correcta fermentación de los forrajes en condiciones anaerobias, sin embargo, la levadura *K. lactis*, tiene un efecto muy marcado en la utilización del AcL al utilizarlo como fuente de energía para seguir sobreviviendo por períodos prolongados (Cuadro1).

Cuadro 1. Medias (\pm EE) del comportamiento fermentativo *in vitro* entre tratamientos de ocho cepas de levaduras

Variable	Tratamientos	Cepa	Horas		
			12	24	48
NH ₃ (mM/mL)	1	Kl-2	12.1 \pm 0.75 ^a	15.3 \pm 0.33 ^b	22.8 \pm 0.35 ^b
	2	Kl-9	12.0 \pm 1.15 ^a	15.1 \pm 0.48 ^b	23.2 \pm 0.33 ^b
	3	Kl-11	12.6 \pm 0.76 ^a	15.0 \pm 0.32 ^b	23.2 \pm 0.31 ^b
	4	Kl-13	12.2 \pm 0.59 ^a	15.0 \pm 0.86 ^b	23.2 \pm 0.21 ^b
	5	Io-3	13.3 \pm 0.28 ^a	17.5 \pm 1.67 ^a	24.5 \pm 0.00 ^a
	6	Io-8	11.7 \pm 0.72 ^a	16.5 \pm 1.65 ^a	24.7 \pm 0.04 ^a
	7	Sc-4	13.3 \pm 0.02 ^a	15.0 \pm 0.40 ^b	23.8 \pm 0.10 ^b
	8	Sc-6	13.2 \pm 0.14 ^a	13.8 \pm 0.23 ^c	24.0 \pm 0.07 ^a
AcL (mM/mL)	1	Kl-2	21.7 \pm 0.31 ^d	7.5 \pm 0.10 ^e	2.4 \pm 0.01 ^c
	2	Kl-9	27.5 \pm 0.30 ^c	10.1 \pm 0.04 ^d	2.8 \pm 0.34 ^c
	3	Kl-11	34.7 \pm 0.22 ^b	10.4 \pm 0.18 ^d	2.3 \pm 0.31 ^c
	4	Kl-13	28.1 \pm 0.20 ^c	15.8 \pm 0.35 ^c	2.3 \pm 0.07 ^c
	5	Io-3	45.7 \pm 0.39 ^a	34.4 \pm 0.28 ^a	17.6 \pm 0.31 ^a
	6	Io-8	32.8 \pm 0.34 ^b	21.9 \pm 0.51 ^b	15.3 \pm 0.43 ^a
	7	Sc-4	26.3 \pm 0.30 ^c	17.7 \pm 0.47 ^c	8.8 \pm 0.32 ^b
	8	Sc-6	36.1 \pm 0.36 ^b	18.2 \pm 0.18 ^c	9.9 \pm 0.39 ^b
Levaduras (cel/mL)	1	Kl-2	3.3 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^a	2.5 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^a	1.9 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^a
	2	Kl-9	2.6 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^b	1.5 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^b	1.3 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^b
	3	Kl-11	2.6 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^b	1.4 \times 10 ⁷ \pm 0.03 ^b	1.2 \times 10 ⁷ \pm 0.03 ^b
	4	Kl-13	2.3 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^c	1.4 \times 10 ⁷ \pm 0.03 ^b	1.1 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^b
	5	Io-3	2.2 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^c	8.0 \times 10 ⁶ \pm 0.02 ^c	3.2 \times 10 ⁶ \pm 0.26 ^d
	6	Io-8	2.4 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^c	9.0 \times 10 ⁶ \pm 0.00 ^c	1.5 \times 10 ⁶ \pm 0.05 ^e
	7	Sc-4	2.8 \times 10 ⁷ \pm 0.02 ^b	1.1 \times 10 ⁷ \pm 0.03 ^b	9.8 \times 10 ⁶ \pm 0.00 ^c
	8	Sc-6	2.6 \times 10 ⁷ \pm 0.01 ^b	1.3 \times 10 ⁷ \pm 0.06 ^b	1.0 \times 10 ⁷ \pm 0.03 ^b

Literales distintas como superíndice indican diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos

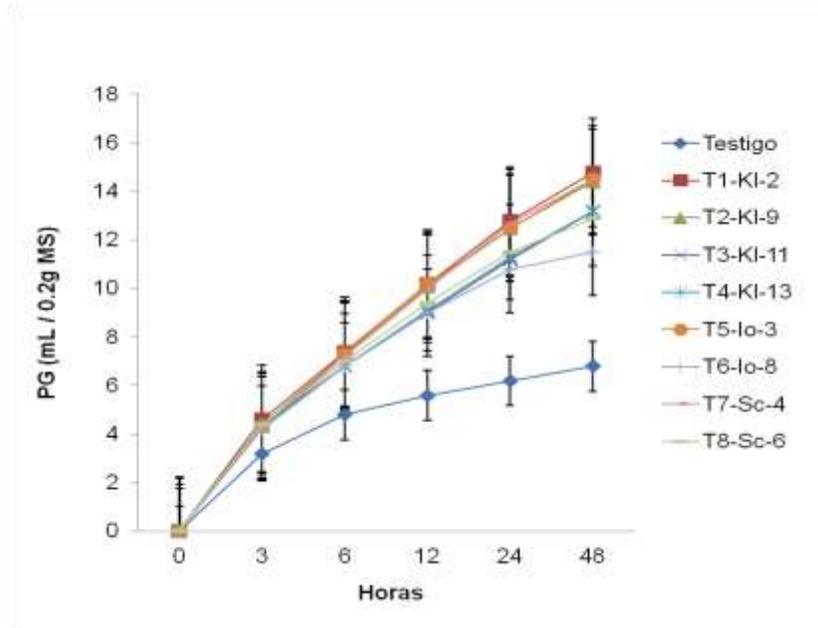
Producción de Gas (PG)

Se observó efecto ($P < 0.01$) sobre la PG en todos los tratamientos. En los inóculos donde se incluyeron las diferentes cepas de levaduras, se puede observar el máximo incrementó de la PG acumulada en las 3 y 48 h (Cuadro 2, Gráfica 3). La velocidad y grado de fermentación de los carbohidratos en el rumen varía según el tipo y estructura de los mismos⁵⁵ y según la población microbiana predominante³². El incrementó en la PG que se obtuvo con estas cepas que podría ser el resultado del incrementó de la producción de ácido propiónico debido a que el CO_2 es producido cuando el ácido propiónico es formado por alguna bacteria ruminal por la ruta metabólica succinato propionato¹¹⁵. Se ha encontrado un efecto positivo en la adición de un cultivo de levaduras en la producción de gas de pajas de diferentes cereales¹⁰². Resultados similares coinciden por varios autores cuando utilizaron la técnica de PG para evaluar el comportamiento de las levaduras frente a diferentes sustratos^{18,64,68}.

Cuadro 2. Medias (\pm EE) de producción de gas entre cepas de levaduras durante la fermentación ruminal in vitro (PG en mL/0.2g MS)

T	Cepa	Horas				
		3	6	12	24	48
T	testigo	3.16 \pm 0.03 ^e	1.63 \pm 0.12 ^h	0.83 \pm 0.03 ^b	0.60 \pm 0.00 ^f	0.60 \pm 0.00 ^g
1	Kl-2	4.63 \pm 0.06 ^a	2.80 \pm 0.00 ^c	2.80 \pm 0.00 ^b	2.60 \pm 0.05 ^a	2.00 \pm 0.05 ^a
2	Kl-9	4.36 \pm 0.08 ^b	2.86 \pm 0.03 ^b	2.83 \pm 0.03 ^b	2.36 \pm 0.14 ^b	2.03 \pm 0.03 ^a
3	Kl-11	4.36 \pm 0.12 ^b	2.40 \pm 0.00 ^g	2.23 \pm 0.03 ^e	2.23 \pm 0.03 ^c	2.03 \pm 0.03 ^a
4	Kl-13	4.26 \pm 0.12 ^c	2.46 \pm 0.03 ^f	2.33 \pm 0.08 ^d	2.20 \pm 0.05 ^c	1.93 \pm 0.08 ^b
5	lo-3	4.26 \pm 0.03 ^c	2.96 \pm 0.18 ^a	2.93 \pm 0.06 ^a	2.33 \pm 0.27 ^b	1.03 \pm 0.08 ^e
6	lo-8	4.16 \pm 0.12 ^d	2.60 \pm 0.11 ^d	2.16 \pm 0.06 ^f	1.80 \pm 0.00 ^e	0.66 \pm 0.14 ^f
7	Sc-4	4.33 \pm 0.08 ^b	2.86 \pm 0.06 ^b	2.83 \pm 0.08 ^b	2.66 \pm 0.06 ^a	1.80 \pm 0.01 ^c
8	Sc-6	4.36 \pm 0.08 ^b	2.56 \pm 0.03 ^e	2.46 \pm 0.03 ^c	2.10 \pm 0.10 ^d	1.43 \pm 0.06 ^d

Literales distintas como superíndice indican diferencia ($P < 0.01$) entre tratamientos



Gráfica 3. Producción de gas acumulada entre cepas en los diferentes inóculos de levaduras durante la fermentación ruminal

Conclusiones y recomendaciones

De las ocho cepas de levaduras utilizadas en este experimento, la *K. lactis*, mostró ser la más viable en la producción de gas y la que resistió más a la degradación ruminal, mostrando tener un mejor desempeño en la producción de levaduras y en la participación por reducir el ácido láctico. Las levaduras *S. cerevisiae* y *I. orientalis*, mostraron tener un papel importante durante la fermentación, siendo estas las que dan las condiciones primarias a la levadura *K. lactis*, para los procesos posteriores de fermentación.



Figura 1. Desarrollo del aditivo de levaduras
(Daniel Díaz, Facultad de Zootecnia y Ecología UACH, 2013)



Figura 2. Diseño del fermentador
(Daniel Díaz, Forrajes San Nicolás Chihuahua, 2013)

Cuadro 3. Cotización de un fermentador doble

Piezas	Concepto	Precio unitario	Total
2	Tinaco Plastinack de 1, 100 Lts	1,100	2,200
1	Motor de 1/2 H.P. Evans	1,080	1,080
1	Venturi 1"	450	450
6	Llaves de 1" Bronce	99	594
12	Codos 1" PVC	5	60
8	Mts. Tubo PVC hidráulico	13.5	108
2	Conectores para tinaco de 1"	40	80
1	Nudo de 1"	25	25
1	Cruceta de 1"	20	20
1	Temporizador	95	95
4	Cople T de 1"	7	28
Total con IVA			\$4,800.00



Figura 3. Diseño de fermentador triple
(Daniel Díaz, Forrajes San Nicolás Chihuahua, 2013)

Cuadro 4. Cotización de un fermentador triple

Piezas	Concepto	Precio unitario	Total
2	Tinaco Industrial de 10,000 Lts	17,000	34,000
2	Motor de 1 H.P. Evans	1,550	3,100
2	Venturi 1"	450	900
6	Llaves de 1" Bronce	99	594
12	Codos 1" PVC	5	60
24	Mts. Tubo PVC hidráulico	13.5	324
2	Conectores para tinaco de 1"	40	80
2	Nudo de 1"	25	50
2	Temporizador	95	190
6	Cople T de 1"	7	196
Total con IVA			\$39,494.00

Referencias:

1. Aiello, S. E. y A. Mays. (2000). El Manual Merck de Veterinaria. 5ta ed. Océano Grupo Editorial, S. A. España.
2. Allbrahim, R., Doherty, M., O'Grady, L., Gath, V., Duffy P. y Mulligan, F. (2008). Influence of body condition at calving and feed supplementation with yeast culture on feed intake, peripheral blood metabolites and blood mineral concentrations in early lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2). 54. (Abstract).
3. Anderson, B., Mccracken, J., Aminov, I., Simpson, M., Mackie, I., Verstegen, A. y Gaskins, R. (1999). Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News Info.* 20:115N-122N.
4. AOAC. (2000). Official Method of analysis. 16th Ed. Ass. Off. Agric. Chem. Washington, D.C.
5. Arambel, M. J. Rung-Syin, T. (1987). Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* growth in the rumen ecosystem. *Memories. 19th Biennial conference on rumen function.* 17-19.
6. Barquinero, J. (1992). Los Radicales Libres: Una Amenaza para la Salud. En: Crystal, R. G. y J. R. Ramon. 1992. Sistema GSH. Glutati6n: Eje de la Defensa Antioxidante. *Excerpta Médica. Medical Communications B. V., Amsterdam. Reino de los Países Bajos.*
7. Barrio, M., M. C. Correa y M. E. Jiménez. (2003). El hemograma: análisis e interpretación de valores sanguíneos. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia.
8. Becerra B, A. (2006). Aprovechamiento de subproductos de manzana mediante la producción de proteína microbiana con fermentación en estado sólido para la alimentación animal. *Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.*
9. Becerra, A., C. Rodríguez, J. Jiménez, O. Ruiz, A. Elías y A. Ramírez. (2008). Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína. *Tecnociencia Chihuahua.* 2:7-14.
10. Blackmon, D. M., W. J. Miller y J. D. Morton. (1967). Zinc deficiency in ruminants, occurrence, effects, diagnosis, and treatments. *Vet. Med.* 62:265-272.
11. Blümmel, M. y Orskov, E.R. (1993). Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40: 109-119.
12. Bontempo, V., A. Giancamillo, G. Savoini, V. Dell'Orto y C. Domeneghini. (2006). Live yeast dietary supplementation acts upon intestinal morpho-functional aspect and growth in weaning piglet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 129:224-236.
13. Broderick, G. A., y J. H. Kang. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *J. Dairy. Sci.* 63:64-75.
14. Calder6n A., J. O., A. Elías I. y M. Valdivie N. (2005). Dinámica de la fermentación en estado sólido de las camas de cascarilla de café en Inicio de ponedoras inoculadas con Vitafert. *Rev. Elect. Vet.* 5:1-7.
15. Calsamiglia, S., Castillejos, L., Busquet, M. (2005). Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero. XXI Curso de Especialización FEDNA. Madrid. España. 161-185.
16. Cardozo, P., Calsamiglia, S. y Ferret, A. (2000). Effects of pH on microbial fermentation and nutrient flow in a dual flow continuous culture system. *J. Dairy. Sci.* 83 (Suppl. 1): 265. (Abstract).
17. Cardozo, P., Calsamiglia, S. y Ferret, A. (2002). Effects of pH on nutrient digestion and microbial fermentation in a dual flow continuous culture system fed a high concentrate diet. *J. Dairy. Sci.* 85 (Suppl. 1):182. (Abstract).

18. Castillo C., Y. (2009). Fermentación *in vitro* para obtener la levadura *Candida Norvegenesis* en mezclas de alfalfa con bagazo de manzana fermentado y sus efectos sobre la actividad microbiana ruminal. Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.
19. Castro M. Rodríguez F. (2005). Probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. *Rev. Corpoica*. 1: 1-27.
20. Ceballos, A., F. Wittwer, P. A. Contreras y T. M. Böhmwald. (1998). Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según y época del año. *Arch. Med. Vet.* 30:13-22.
21. Chae, B. J., J. D. Lohakare, W. K. Moon, S. L. Lee, Y. H. Park y T. W. Hahn. (2006). Effects of supplementation of beta-glucan on the growth performance and immunity in broilers. *Res. Vet. Sci.* 80:291-298.
22. Champagne, C. P., N. J. Gardner y D. Roy. (2005). Challenges in the addition of probiotic cultures to foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45:61-84.
23. Chandra, R. K. (1999). Nutrition and immunology: From the clinic to cellular biology and back again. *Proc. Nutr. Soc.* 58:681-683.
24. Chaucheyras, F., Fonty, G., Bertin, G. y Gouet, P. (1995). Effects of live *Saccharomyces cerevisiae* cells on zoospore germination, growth, and cellulolytic activity of the rumen anaerobic fungus, *Neocallimastix frontalis* MCH 3. *Curr. Micro.* 31: 201.
25. Chaucheyras-Durand, F. y G. Fonty. (2001). Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. *Reprod. Nutr. Dev.* 41:57-68.
26. Chew, B. P. (1995). Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. *J. Nutr.* 125:1804-1808.
27. Chung, Y. H., N. D. Walker, S. M. McGinn y K. A. Beauchemin. (2011). Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94:2431-2439.
28. Cole, A., Purdy, W. y Hutcheson, P. (1992). Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. *J. Anim. Sci.* 70:1682-1690.
29. Comitini, F., R. Ferretti, F. Clementi, I. Mannazzu y M. Ciani. (2005). Interaction between *Saccharomyces cerevisiae* and malonic bacteria: preliminary characterization of a yeast proteinaceous compounds active against *Oenococcus oeni*. *J. Appl. Microbiol.* 99:105-111.
30. Dalmo, R. A. y J. Bogwald. (2008). Beta-glucans as conductors of immune symphonies. *Fish Shellfish Immunol.* 25:384-396.
31. Dawson, K. A. (1993). Current and future role of yeast culture in animal production: a review of research over the last six years. In *Biotechnology in the feed industry*. E. Lyons Ed. Nicholasville, Kentucky. 269-291.
32. Dehority, B.A. (2003). *Rumen Microbiology*. Nottingham University Press. 19-43.
33. Dewhurst, R.J., Davues, D.R. y Merry, R.J. (2000). Microbial protein supply from the rumen. *Anim. Feed. Sci. Techno.* 85: 1-21.
34. Di Criscio, T., A. Fratianni, R. Mignogna, L. Cinquanta, R. Coppola, E. Sorrentino y G. Panfili. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic and synbiotic ice creams. *J. Dairy Sci.* 93:4555-4564.
35. Díaz P., D. (2006). Producción de proteína microbiana a partir de manzana de desecho adicionada con urea y pasta de soya. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.

36. Díaz-Plascencia D., C. Rodríguez. Muela, P. Mancillas-Flores, C. Angulo. F. Salvador, O. Ruiz, H. O. Rubio, S. Mena y A. Elías. (2010a). Desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida. *Rev. Elect. Vet.*10:1-10.
37. Díaz-Plascencia D., C. Rodríguez. Muela, P. Mancillas-Flores, C. Angulo. F. Salvador, C. Arzola, J. A. Jiménez, S. Mena y A. Elías. (2010b). Producción de proteína microbiana a partir de manzana de desecho con fermentación en estado sólido a 32 °C. *Rev. Elect. Vet.*10:1-9.
38. Dorton, K. L., T. E. Engle, R. M. Enns y J. J. Wagner. (2007). Effects of trace mineral supplementation, source, and growth implants on immune response of growing and finishing feedlot steers. *The Professional Animal Scientist.* 23:29-35.
39. Elías, A. y Lezcano, O. (1993). Efecto de la fuente de N y algunos factores de crecimiento en la población de levaduras que se establecen en la producción de Saccharina. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 28:319-325.
40. Ferket, P. R. (2003). Controlling gut Health with the Use of Antibiotics. Pag. 57-68 in *Proc. 30th Annu. Carolina Poult. Nutr. Conf., Research Triangle Park, NC. North Carolina State University, Raleigh. E. U. A.*
41. Franklin, S. T., M. C. Newman, K. E. Newman y K. I. Meek. (2005). Immune parameters of dry cows fed mannan oligosaccharide and subsequent transfer of immunity to calves. *J. Dairy Sci.* 88:766-775.
42. Gallegos A, M. A. (2007). Conteo de células somáticas en leche, actividad antioxidante del plasma y componentes celulares sanguíneos de vacas Holstein en producción alimentadas con manzanina en la dieta. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.
43. Ganner, A., L. Fink y G. Shatzmayr. (2008). Quantitative in vitro assay to evaluate yeast products concerning to their binding activity of enteropathogenic bacteria. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2): 54. (Abstract).
44. Geros, H., Cassio, F. y Leao, C. (2000). Utilization and transport of acetic acid in *Dekkera anomala* and their implications on the survival of the yeast in acidic environments. *J. Food. Prot.* 63: 96-101.
45. Glade, M. J. y L. M. Biesik. (1986). Enhanced N retention in yearling horses supplemented with yeast culture. *J. Anim. Sci.* 62: 1635-1640.
46. González-San José, M. L., R. P. Muñoz y V. B. Valls. (2001). Actividad antioxidante de la cerveza: estudios *in vitro* e *in vivo*. Centro de información cerveza y salud. Departamento de biotecnología y ciencia de los alimentos. Universidad de Burgos. Departamento de pediatría, ginecología y obstetricia. Universidad de Valencia. España.
47. Gutiérrez P. F. J. (2007). Efecto de la manzanina sobre los componentes fisicoquímicos y producción de leche. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.
48. Haddad, S. A. y C. C. Lindegren. (1953). A method for determining the weight of an individual yeast cell. *Appl. Microbiol.*1:153-156.
49. Halliwell, B. (1992). Especies Reactivas de Oxígeno en los Seres Vivos: Procedencia, Bioquímica y Papel Patógeno en el Hombre. En: Cristal, R. G. y J. R. Ramon, (1992). *Sistema GSH. Glutación: Eje de la Defensa Antioxidante.* Excerpta Médica. Medical Communications B. V., Amsterdam. Reino de los Países Bajos.
50. Halliwell, B. y M. Whiteman. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and cell culture: how should you do it and what do the results mean. *Br. J. Pharmacol.* 142:231-255.

51. Hernández, G. C. (2008). Cinética de fermentación *in vitro*, comportamiento productivo y características de la canal de ovinos engordada con y sin manzarina. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México.
52. Henderickx, H. y Martin, J. (1963). *In vitro* study of the nitrogen metabolism in the rumen. Compt. Rend. Rech. Inst. Rech. Sci. Indust. Agric. 31:7-12.
53. Hernot, D. C., G. C. Fahey, Jr., S. Reeves y M. Scott. (2008). Microbiological and immunological effects of two yeast-based complex fermentation ingredients on adult dogs. J. Anim. Sci. 86 (Suppl. 2): 213. (Abstract).
54. Ingledew, W.M. y Jones, G. A. (1982). The fate of live brewer's yeast slurry in bovine rumen fluid. J. Inst. Brew. 88:18-20.
55. Ivan, S. K., Grant, J., Weakley, D. y Beck, J. (2005). Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell wall content on performance of Holstein cows. J. Dairy. Sci. 88: 244-254.
56. James, S. J., M. Swendseid y T. Makinodan. (1987). Macrophage-mediated depression of T-cell proliferation in zinc-deficient mice. J. Nutr. 117:1982-1988.
57. Jensen, G. S., K. M. Patterson y I. Yoon. (2008). Nutritional yeast culture has specific antimicrobial properties without affecting healthy flora. Preliminary results. Anim. Feed Sci. Technol. 17:247-252.
58. Kim, S. W., H. Brandherm, B. Newton, D. Cook e I. K. Yoon. (2008). Effects of dietary yeast culture supplementation to gestation and lactation diets on performance of sows and litters. J. Anim. Sci. 86 (Suppl. 2): 347. (Abstract).
59. Kornegay, T., D. Rhein-Welker, M. D. Lindemann y C.M. Wood. (1995). Performance and nutrient digestibility in weanling pigs as influenced by yeast culture additions to starter diets containing dried whey or one of two fiber sources. J. Anim. Sci. 73: 1381-1389.
60. Kung Jr., L., E. M. Kreck, R. S. Tung, A. O. Hession, A. C. Sheperd, M. A. Cohen, H. E. Swain y J. A. Z. Leedle. (1997). Effects of a live yeast culture and enzymes on *in vitro* ruminal fermentation and milk production. J. Dairy. Sci. 80:2045-2051.
61. Lazcano, G. J. y A. J. Heinrichs. (2008). The use of cytometry to asses rumen bacteria in dairy heifers limit fed different forage to concentrate ratios with *Saccharomyces cerevisiae*. J. Anim. Sci. 86 (Suppl. 2): 90. (Abstract).
62. Lema, M., L. Williams y D. R. Rao. (2001). Reduction of fecal shedding of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in lambs by feeding microbial feed supplement. Small Rumin. Res. 39:31-39.
63. Li, J., D. F. Li, J. J. Xing, Z. B. Cheng y C. H. Lai. (2006). Effects of beta-glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. J. Anim. Sci. 84:2374-2381.
64. Lila, Z.A., Mohammed, N., Yasui, T., Kurokawa, Y., Kanda, S y Itabashi, H. (2004). Effects of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation *in vitro*. J. Anim. Sci. 82: 1847-1854.
65. Ludovico, P., João, S. M., Silva, M. T., Leão, C. y Côte-Real. (2001). *Saccharomyces cerevisiae* commits to programmed Cell death process in response to acetic acid. Microbiol. Rev. 147:2409-2415.
66. Madrid, J., A. Martínez-Teruel, F. Hernández y M. D. Megías. (1999). A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. J. Sci. Food. Agri. 79:1722-1726.

67. Magalhães, V. J. A., F. Susca, F. S. Lima, A. F. Branco, I. Yoon y J. E. P. Santos. (2008). Effect of feeding yeast culture on performance, health, and immunocompetence of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 91:1497-1509.
68. Marrero, Y. (2005). Las levaduras como mejoradoras de la fermentación ruminal de dietas con alto contenido de fibra. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
69. Martin, S. A. y D. J. Nisbet. (1992). Effect of direct fed microbials on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 75:1736.
70. McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D Greenhalgh, y C. A. Morgan. (2002). *Animal Nutrition*. 6th edition. Pearson Education. U.S.A.
71. McDowell, L. R. (2003). *Minerals in Animal and Human Nutrition*, 2a ed. Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands. Reino de los Países Bajos.
72. Menke, K. H. y H. Steingass. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Research Develop.* 28:7-55.
73. Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz y W. Schneider. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci. Camb.* 93:217-222.
74. Miller-Webster, T., W. H. Hoover, M. Holt y J. E. Nocek. (2002). Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. *J. Dairy. Sci.* 85:2009-2014.
75. Moya, D., S. Calsamiglia, A. Ferret, J. L. Fandiño y L. Castillejos. (2008). Effects of yeast culture on rumen microbial fermentation of heifers challenged with high-concentrate feeding. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2): 589. (Abstract).
76. Murphy, E. A., J. M. Davis, A. S. Brown, M. D. Carmichael, A. Ghaffar y E. P. Mayer. (2007). Oat β -glucan effects on neutrophil respiratory burst activity following exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:639-644.
77. Newbold, C. J., Wallace, R. J. y Mc Intosh, F. M. (1996). Mode of action of the yeast *Saccharomyce cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British J. Nutrition.* 96: 249-261.
78. Newbold, C. J. y L. M. Rode. (2006). Dietary Additives to Control Methanogenesis in the Rumen. Pages 138-147 in *Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An update*. Elsevier, Amsterdam. The Netherlands. Reino de los Países Bajos.
79. Nisbet, D. J. y Martin, S. A. (1991). The effect of *Saccharomyce cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *J. Anim. Sci.* 69: 4628.
80. Nocek, J. E., M. G. Holt y J. Oppy. (2011). Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94:4046-4056.
81. Oeztuerk, H., Schroeder, B., Beyerbach, M. y Breves, G. (2005). Influence of living and autoclaved yeasts of *Saccharomyces boulardii* on *in vitro* ruminal microbial metabolism. *J. Dairy. Sci.* 88: 25-2600.
82. Ofek, I., D. Mirelman y N. Sharon. (1977). Adherence of *Escherichia coli* to human mucosal cells mediated by mannose receptors. *Nature.* 265:623-625.
83. Peñaloza, W., M. R. Molina, R. Gómez-Brenes y R. Bressani. (1985). Solid state fermentation: an alternative to improve the nutritive value of coffee pulp. *Appl. Environm. Microbiol.* 49:388-393.
84. Putnam, D. E., C. G. Schwab, M. T. Socha, N. L. Whitehouse, N. A. Kierstead y B. D. Garthwaite. (1997). Effect of yeast culture in the diets of early lactation dairy cows on

- ruminal fermentation and passage of nitrogen fractions and amino acids to the small intestine. *J. Dairy. Sci.* 80:374-384.
85. Ramos, J.A., Elías, A. y Herrera, F. (2006). Processes for production of energy protein feed for animals. Effect of four energy sources on solid state fermentation of sugarcane. *Cub. J. Agri. Sci.* 40: 47-53.
 86. Reed, G. y T. Nagodawithana. (1991). *Yeast Technology*. 2a ed. AVI, Van Nostrand Reinhold Publ. New York. E. U. A.
 87. Reid, I. D. (1985). Biological delignification of aspen wood by solid-state fermentation with the white-rot fungus *merulius tremellosus*. *Appl. Environm. Microbiol.* 50:133-139.
 88. Robinson, P. H. (1997). Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to diets postpartum. *J. Dairy. Sci.* 80:1119-1125.
 89. Rodríguez M., C., A. Meléndez N., J. F. Lucero A., H. E. Rodríguez R., C. Hernández G. y C. Arzola A. 2006a. Elaboración de Bloques Multinutricionales Fraguados con o sin Manzanarina. en Memorias de la XXXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal. U. A. S. Mazatlán, Sinaloa. México. Pp: 170-173
 90. Rodríguez M., C., D. Díaz P., F. Salvador T., A. D. Alarcón R. y J. A. Jiménez C. 2006b. Efecto del Nivel de Urea y Pasta de Soya en la Fermentación en Estado Sólido de Subproductos de Manzana. Memorias, XXXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal. Pp: 316-318.
 91. Rodríguez M., C., J. F. Lucero A., A. Meléndez N., H. E. Rodríguez R., C. Hernández G. y O. Ruiz B. (2006c). Consumo de forraje y ganancia de peso de becerros comerciales para exportación, suplementados con bloques multinutricionales elaborados con manzanarina. En Memorias de la XXXIV Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y X Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano Animal. U. A. S. Mazatlán, Sinaloa. México. Pp: 195-198.
 92. Rodríguez, R., H. E. (2009). Producción y evaluación de alimentos fermentados a partir de bagazo y desecho de manzana y su efecto sobre el desarrollo ruminal y parámetros sanguíneos. Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia y Ecología Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Méx.
 93. Rodríguez-Muela, C., D. Díaz, F. Salvador, O. Ruiz, C. Arzola, A. Flores, O. La O y A. Elías. (2010). Efecto del nivel de urea y pasta de soya en la concentración de proteínas durante la fermentación en estado sólido de la manzana (*Malus domestica*). *Rev. Cub. de Cien. Agríc.* 44: 23-26.
 94. Rook, G. A. y L. R. Burnet. (2005). Microbes, immunoregulation and the gut. *Gut.* 54:317-320.
 95. Rose, A. H. (1987a). Yeast culture a microorganism for all especies a theoretical look at its mode of action. *Proceedings. Alltech's third annual symposium. Biotechnology in the Feed Industry.* Nicholasville, Kentucky. U.S.A.
 96. Rose, A. H. (1987b). Responses to the chemical environment. in: A.H. Rose and J.S. Harrison. 2da ed. *The Yeast.* Academic Press. London and New York.
 97. Sánchez, B., C. G. De Los Reyes-Gavilán, A. Margolles y M. Gueimonde. (2009). Probiotic fermented milks: Present and future. *Int. J. Dairy Technol.* 62:472-483.
 98. SAS. (2004). *SAS/STAT® 9.1 User's Guide.* SAS Institute Inc. Estados Unidos de Norteamérica.

99. Schüller, C., Mamnun, Y.M., Mollapour, M., Krapf, G., Shuster, M., Bauer, B.E., Piper, P.W. y Kuchler, K. (2004). Global phenotypic analysis and transcriptional profiling defines the weak acid stress response regulon in *Saccharomyces cerevisiae*. *MBC Online*. 15:706-720.
100. Spears, J. W. (2000). Micronutrients and immune function in cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 59:587-594.
101. Spolders, M. S. Öhlschläger, J. Rehage y G. Flachowsky. (2010). Inter- and intra-individual differences in serum copper and zinc concentrations after feeding different amounts of copper and zinc over two lactations. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94:162-173.
102. Stephens, T. P., G. H. Longeregan, E. Karunasena y M. M. Brashears. (2007). Reduction of *Escherichia coli* O157 and *Salmonella* in feces and on hides of feedlot cattle using various doses of a direct-fed microbial. *J. Food Prot.* 70:2386-2391.
103. Tang, S. X., G. O. Tayo, Z. L. Tan, Z. H. Sun y L. X. Shen. (2008). Effects of yeast culture and fibrolytic enzyme supplementation on in vitro fermentation characteristics of low quality cereal straws. *J. Anim. Sci.* 86:1164-1172.
104. Taylor, K. A. C. C. 1996. A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 56: 49-58.
105. Theodorou M K, Williams B. A., Dhanoa M. S., McAllan A. B. y France J 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed. Sci. Techno.* 48: 185-197.
106. Tremellen, K. 2008. Oxidative stress and male infertility-A clinical perspective. *Hum. Reprod. Update*. 14:243-258.
107. Valiño, E., A. Elías, V. Torres y N. Albelo. 2002. Study of the microbial content on fresh sugar cane bagasse as substrate for animal feeding by solid state fermentation. *J. Cub. Sci. Agri.* 36:359-364.
108. Villagran, D., Rodríguez-Muela, C., Burrola, E., González, E., Ortega, A. 2009. Identificación de levaduras involucradas en la fermentación en estado sólido de bagazo de manzana. Página 2 en Memorias de la XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, Coah, Méx.
109. Walker, N., M. Cintora, H. Durand y LeTreat. 2008. Influence of a live yeast on the faecal microflora of gestation and lactating sows. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2): 293. (Abstract).
110. Wallace, R. J. y Newbold, C. J. 1992. Probiotics for ruminants. In. *Probiotics: The Scientific Basis*. R. Fuller ed. London: 317-353.
111. Wang, Z., M. L. Eastridge y X. Qiu. 2001. Effects of Forage Neutral Detergent Fiber and Yeast Culture on Performance of Cows During Early Lactation. 84:204-212.
112. Weedman, S., M. Rostagno, J. Patterson, A. Kiess y S. Eicher. 2008. Intestinal microbial effects of yeast products on weaned and transport stressed pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2): 25. (Abstract).
113. Wiedmeier, D., M. J. Arambel y J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy. Sci.* 70: 2063-2068.
114. Williams, P. E. V., Walter, A., Macrae, J. C. 1990. Rumen probiosis: the effects of addition of yeast culture (viable yeast *Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) on duodenal protein flow in wether sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 49:128 (Abstr).
115. Wohlt, J. E., T. T. Corcione y P. K. Zajac. 1998. Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *J. Dairy. Sci.* 81:1345-1352.
116. Wollin, M. J. y Miller, T. L. 1988. Microbe-microbe interactions. Rumen microbial ecosystem. P.N. Hobson, ed. Elsevier Science, Essex, U.K. p 343.

117. Yoon, I. K. y M. D. Stern. 1996. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:411-417.
118. Yurttas, H. C., H. W. Schafer y J. J. Warthesen. 2000. Antioxidant activity of nontocopherol hazelnut (*Corylus spp.*) phenolics. *J. Food Sci.* 65:276-280.

CAPÍTULO 10

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE BACTERIAS GRAM POSITIVAS EN MUESTRAS DE LECHE POSITIVA A MASTITIS DE LA CUENCA LECHERA DE TIZAYUCA HIDALGO

Verónica Azucena Ibarra Medina
Martín A. Meza Nieto
María Guadalupe Torres Cardona
Norma Güemes Vera
Aurora Quintero Lira
José Isidro Alejos de la Fuente
Javier Piloni Martini

Introducción

La leche es la secreción láctea de las glándulas mamarias de los mamíferos, es un líquido de composición compleja, de color blanquecino y opaco, con un pH cercano al neutro y de sabor dulce. Su propósito natural es la alimentación de la cría durante sus primeros meses de vida^{10,62}. La leche constituye un alimento de importancia universal, su riqueza en proteína de alto valor biológico, su aporte de energía, la contribución de minerales, hace que forme parte esencial de la dieta del hombre^{55,10} está compuesta de agua, grasa, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales⁶², sin embargo, estos componentes no siempre están en la misma proporción y presentan variaciones por factores genéticos y fisiológicos²³.

La composición de la leche varía dependiendo de la especie y raza (Cuadro 1 y 2); además de la alimentación, estado sanitario y fisiológico del animal, estado de lactancia, época del año y número de ordeños⁶². Valores distintos de pH se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria, por la cantidad de CO₂ disuelto debido al desarrollo de microorganismos que desdoblan o convierten la lactosa en ácido láctico o por

acción de microorganismos alcalinizantes. Una acidez menor al 0.15 °Dornic (°D) puede ser debido a la mastitis, al aguado de la leche o bien por la alteración provocada por algún producto alcalizante. Una acidez superior a 0.18°D es producida por la acción de contaminantes microbiológicos. La Prueba de Dornic es la más utilizada para determinar la acidez, pues lo mismo detecta aumento de la concentración de ácido láctico debido a la fermentación de los azúcares de la leche, relacionándose con la calidad microbiológica del producto ²¹. Por ser la leche un producto biológico rico en carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y oligoelementos, y por poseer un pH óptimo (cerca de la neutralidad), representa un medio adecuado para la multiplicación de la mayoría de las bacterias contaminantes ⁴².

Cuadro 1. Composición de la leche de diferentes mamíferos²³.

Especie	Agua (%)	MS (%)	Grasa (%)	PC (%)	Albúmina		Lactosa (%)	Cenizas (%)
					Caseína (%)	Globulina (%)		
Vaca	87.6	12.4	3.4	3.5	3.0	0.5	4.6	0.8
Oveja	83.9	16.1	6.2	5.2	4.2	1.0	4.2	0.9
Cabra	86.9	13.1	4.1	3.8	2.6	1.2	4.4	0.9
Yegua	89.3	10.7	1.6	2.5	1.6	0.9	6.1	0.5
Burra	91.2	9.8	1.2	1.5	0.9	0.6	6.0	0.4
Búfala	82.7	17.3	7.9	5.9	5.4	0.53	4.5	0.8
Llama	86.6	13.4	3.2	3.9	3.0	0.9	5.6	0.8
Camella	88.3	11.7	2.5	3.6	-	-	5.0	0.7
Reno	64.3	35.7	19.7	10.9	8.7	2.2	2.6	1.4
Cerda	82.4	17.6	5.0	7.0	3.7	3.3	5.0	0.6
Perra	67.8	32.2	16.0	12.0	9.2	2.8	2.0	2.2
Gata	68.0	32.0	15.0	12.0	9.3	2.7	3.0	2.0
Coneja	46.7	53.3	44.0	-	7.0	-	1.8	0.5

MS: materia seca; PC: proteína cruda.

Cuadro 2. Composición porcentual promedio de la leche de diferentes razas bovinas durante la lactancia²³.

Raza	Sólidos Totales (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Cenizas (%)
Holstein	12.9	4.0	3.5	4.7	0.68
Ayrshire	13.4	4.0	3.6	5.0	0.73
Guernsey	14.6	5.0	3.9	4.9	0.74
Jersey	14.9	5.4	3.9	4.9	0.71

Las propiedades físicas de la leche son densidad, pH, acidez de la leche, viscosidad, punto de congelamiento, punto de ebullición y calor específico. En el Cuadro 3 se muestran los valores normales.

Cuadro 3. Propiedades físicas de la leche de vaca de la raza Holstein^{11,21}.

Propiedad	Valor normal
Densidad	1.028 a 1.034 g/cm ³
pH	6.5 a 6.7
Acidez de la leche	0.15 a 0.18 °D
Viscosidad	1.7 a 2.2 cp
Punto de congelamiento	-0.513 a -0.565 °C
Punto de ebullición	100.17 °C.
Calor específico	0.93 a 0.96 cal/g °C

En México los principales estados productores de leche bovina son: Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato y Veracruz quienes en conjunto produjeron el 62.18% de la producción nacional⁵⁰. Hidalgo ocupa el octavo lugar en producción de leche bovina a nivel nacional¹⁶, con una producción de 419, 273 miles de litros de leche y una población ganadera de 198, 990 cabezas⁵⁰. Los municipios con mayor actividad lechera son Tizayuca, Tulancingo, Acátlan, Actopan e Ixmiquilpan (Figura 1).



Figura 1. Municipios del Estado de Hidalgo con mayor producción lechera⁵⁰

Mastitis bovina

El término mastitis se deriva de las palabras griegas “mastos”, que significa “pechos” e “itis” que quiere decir “inflamación de”. La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria^{7,12,37}, y ésta es la respuesta de los tejidos productores de leche en la ubre a una lesión traumática o la presencia de microorganismos infecciosos que han ingresado a la ubre^{7,40}. La mastitis bovina es considerada la enfermedad infecciosa más costosa de las vacas lecheras¹⁸, debido a que induce una disminución en la producción del 4 al 30% de leche y disminuye su calidad, además de incrementar los costos del cuidado de la salud del hato y un desecho prematuro de animales genéticamente mejorados⁵. La mastitis bovina es una enfermedad infecto-contagiosa⁶¹, caracterizada por la inflamación de la glándula mamaria, alteraciones patológicas del epitelio glandular y cambios fisicoquímicos de la leche⁵². La mastitis es causada comúnmente por infección intramamaria con un patógeno, pero también puede ser causada por una lesión (herida) y, menos frecuente por alergia y neoplasmas. Es el resultado de la interacción de varios factores tales como: manejo e higiene de los animales durante la ordeña, susceptibilidad de las vacas, características ambientales, y la presencia de microorganismos⁹. Tiene una alta incidencia en la industria lechera a nivel mundial causando considerables pérdidas económicas, ligado a la disminución en la calidad y cantidad de la producción de leche⁶³, además aumenta el costo

del tratamiento y los servicios veterinarios, así como el desgaste del animal^{17,27}. Basado en el reservorio y forma de transmisión del patógeno, la mastitis es clasificada como mastitis contagiosa y ambiental. El reservorio primario para patógenos contagiosos es la ubre de la vaca^{8,44}. La fuente principal de estos patógenos son los cuartos de ubre infectados⁴⁸, y la ruta primaria de transmisión es de vaca a vaca en el ordeño a través de equipos contaminados, manos de ordeñadores, o toallas usadas para limpiar varias vacas⁴⁴. Más del 95% de los cuadros de mastitis clínica y subclínica son causados sólo por un pequeño grupo de bacterias contagiosas⁹, la bacteria coloniza la piel de la vaca y se multiplica hasta que supera las defensas del canal del pezón y entra a la ubre⁴⁴. En este grupo de patógenos se ubican: *S. agalactiae*, *S. aureus*, *Corynebacterium bovis* y *Mycoplasma bovis*^{3,9,44,48}. Se han identificado más de 130 especies, subespecies y serovariedades de bacterias causantes de la enfermedad; sin embargo, más del 75% de los casos se deben a microorganismos Gram positivos, particularmente especies de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus*⁴⁸. La principal causa de esta enfermedad es infecciosa, aunque existen otras. Son diversos los agentes infecciosos productores de mastitis. En los bovinos los agentes comúnmente encontrados son: bacterias, como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *S. dysgalactiae*, *S. uberis*, *Escherichia coli*, *Pasteurella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Nocardia asteroides*, *Mycoplasma bovis*, *Corynebacterium pyogenes*, *Pseudomonas spp.*, *Leptospira spp.*, *Serratia spp.*, *Klebsiella spp.*, *Fusobacterium spp.*⁵⁷; Algas, como *Prototheca spp.*²⁵; hongos, como *Aspergillus fumigatus* y *Trichosporon spp.*; además de levaduras, como *Cryptococcus neoformans* y *Candida spp.*^{13,20}. Aproximadamente el 95% de las mastitis son causadas por *S. aureus*, *S. agalactiae*, *S. dysgalactiae* y *S. uberis*^{38,60}. Para comprender el complejo de mastitis, es necesario considerar tres factores importantes que están involucrados en esta enfermedad: los microorganismos como agentes causales, la vaca como hospedero y el medio ambiente (Figura 2, ^{1,49}).

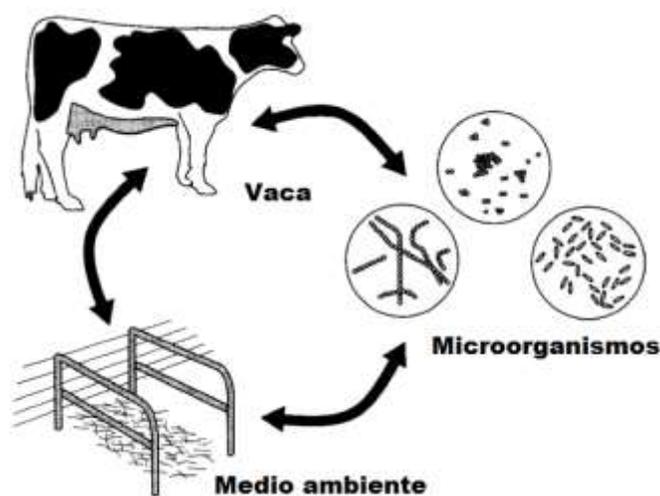


Figura 2. Factores involucrados en la mastitis bovina⁴⁹

El riesgo de la infección viene determinado por la relación del animal con las influencias del medio ambiente³). En realidad la enfermedad es resultado de la interacción y cooperación de varios factores, entre los cuales destacan: los factores genéticos, factores ambientales, técnica de ordeño e higiene^{9,35}. Las principales causas de infección de mastitis son: errores de manejo; como el sobre ordeño, mamilas de ordeño de tamaño inadecuado, falta de sellado de los pezones al término del ordeño, lavado deficiente o inadecuado de la ubre y manos del ordeñador, utilización de equipo sucio (toalla, trapo; Figura 3), conformación de la vaca; susceptibilidad, forma de la ubre, ubres pendulantes estadio de lactación, lesiones en la ubre, edad, Medio ambiente; épocas de lluvias, moscas, hábitat sucio, este último predispone en gran medida a la presentación de la mastitis^{17,20,39}.

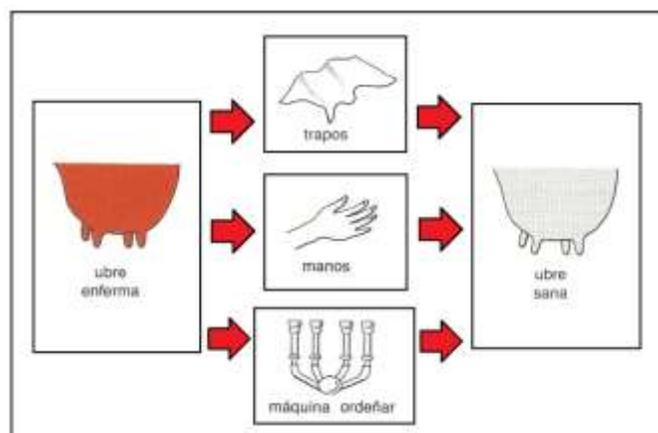


Figura 3. Transmisión de los gérmenes patógenos durante la ordeña, de la ubre enferma a la ubre sana mediante trapos, las manos y herramientas³⁰

La invasión microbiana de la glándula mamaria ocurre siempre siguiendo la vía del conducto del pezón y a primera vista¹⁴, el desarrollo de la inflamación después de la infección se desarrolla como un fenómeno natural. Sin embargo, la aparición de la mastitis es más compleja de lo que este concepto puede indicar y quizá resulte más práctico explicarla en términos de tres etapas: invasión, infección e inflamación.

a) Etapa de invasión: es aquella en la que el microorganismo pasa del exterior de la ubre a la leche que se encuentra en el interior de la cisterna del pezón.

b) Etapa de infección: este es el momento en que los microorganismos se multiplican rápidamente e invaden el tejido mamario; se establece una población bacteriana que se disemina por toda la glándula, dependiendo de la patogenicidad del microorganismo. Lo que da paso a la etapa de inflamación²⁰

c) Etapa de inflamación: todo lo anterior deriva en una inflamación (mastitis) y aumenta notablemente la cuenta leucocitaria en la leche ordeñada⁵.

La enfermedad tiene dos formas básicas de presentación: subclínica y clínica que, por lo general, no son más que fases del proceso inflamatorio⁴⁸. La mastitis subclínica es de larga duración y es más frecuente que la mastitis clínica⁴, es difícil de detectar dado que la enfermedad transcurre sin provocar una inflamación glandular visible, ni cambios

organolépticos de la leche, pero si afecta su calidad físicoquímica³⁹. Las vacas con mastitis subclínicas no muestran ninguna señal obvia de la enfermedad²⁸ y a menudo presentan una disminución en la producción, un conteo elevado de leucocitos y un aumento en el conteo de bacterias en la leche^{4,45}. La mastitis clínica es la enfermedad más común y más costosa en la producción de leche en los países industrializados²². Se presentan evidentes signos de inflamación como tumefacción, rubor, dolor, cambios notables en la leche que produce el tejido afectado: aparición de grumos, coágulos sanguinolentos con pus, o una leche más acuosa y eventualmente, signos sistémicos como fiebre, pérdida del apetito y depresión^{4,48}. La forma clínica de la enfermedad presenta manifestaciones externas obvias de naturaleza inflamatoria en la glándula, detectables por análisis clínico³⁹. La mastitis es una enfermedad que causa cambios notables en la composición de la leche, así como modificaciones físicoquímicas de la misma^{29,54}, como son: disminución de la materia grasa entre 5 a 12%, disminución de los sólidos no grasos entre 5 a 12%, disminución de la caseína total, entre 5 a 8%, aumento del nitrógeno sérico en un 20%, disminución de la lactosa entre un 10 a 20%, aumento del sodio y cloro y disminución del fósforo y calcio, disminución de la vitamina B₂ y vitamina C (Cuadro 4). Resulta evidente que las variaciones en la composición de la leche citadas anteriormente cambian sustancialmente la calidad de la misma como materia prima, con la consecuente baja en el valor nutricional que afecta directamente a la salud pública, además de incidir negativamente en los procesos tecnológicos^{2,35}.

Cuadro 4. Cambio en los componentes de la leche asociado a un elevado conteo de células somáticas (CCS) (Adaptado de Harmon^{22,54}).

Componente	Leche normal	Leche con un % elevado de CCS	% Porcentaje de normalidad
Solidos no grasos	8.9	8.8	99
Grasa	3.5	3.2	91
Lactosa	4.9	4.4	90
Total de proteína	3.6	3.5	99
Total de caseína	2.8	2.3	82
Proteína en suero	0.8	1.3	162
Sodio	0.057	0.105	184
Cloro	0.091	0.147	161
Potasio	0.173	0.157	91
Calcio	0.12	0.04	23

Aislamiento bacteriológico

Es utilizado a menudo como una herramienta diagnóstica para resolver los problemas de mastitis. Es la única prueba que permite identificar los agentes causales presentes en el hato, así como los cuartos de los animales infectados³¹. Esta información permite diseñar o modificar programas de control, identificar los factores predisponentes, establecer la dinámica epidemiológica en el hato, evaluar la efectividad de las medidas de control y orientar la estrategia terapéutica⁴⁸. Generalmente, este método de diagnóstico se desarrolla en vacas seleccionadas donde los conteos de células somáticas revelan un problema persistente⁵⁹. Los cultivos de leche de una vaca individual identifican la especie bacteriana, por lo tanto es la forma más confiable para decidir un tratamiento óptimo con antibióticos para una vaca en particular³⁶. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el patógeno causante de la enfermedad y dar un tratamiento eficaz^{48,56}. El agar sangre es el medio universal de elección para la siembra de muestras de leche y el aislamiento primario⁴⁶. Sin embargo existen otros medios de cultivo selectivos que se pueden utilizar dependiendo de la bacteria que se pretende identificar. Para el aislamiento

de estafilococos se deberán utilizar medios selectivos, los estafilococos son de gran importancia ya que son la principal causa de mastitis clínica y subclínica. Los *S. aureus* y *S. epidermidis* crecen vigorosamente en medios que contienen hasta 10% de NaCl. La mayoría de las bacterias se inhiben con estas concentraciones de sal. Algunos de los medios que pueden obtenerse comercialmente son, el medio de agar sal y manitol de Chapman, el medio de *Staphylococcus* 110, Vogel y Johnson y el medio de Chapman y Stone. Se puede preparar un caldo enriquecido para estafilococos mediante la adición de NaCl a un medio nutritivo rico, tal como infusión de corazón o caldo cerebro-corazón, a una concentración final de 7.5%. Si el medio de cultivo es adecuado, habrá un crecimiento abundante a las 24 h de incubación a 37°C. En medio de agar las colonias alcanzan diámetros de 2-3mm; son redondas, convexas, opacas y lustrosas. En agar sangre la hemólisis se observa principalmente con *S. aureus* y rara vez con *S. epidermidis*. Los cultivos de estafilococos forman pigmentos dorados, otros, colonias amarillas o blanco-grisáceas¹⁵.

Los *Streptococcus* son también agentes de gran importancia como causantes de mastitis, pueden cultivarse en medio de agar sangre, proporcionan los nutrientes que necesitan los microorganismos para su crecimiento y da además, información sobre los patrones de hemólisis⁴⁶. Las colonias en agar sangre tienden a ser puntiformes. El patrón hemolítico no se desarrolla correctamente en las primeras h de incubación. A las 48-72 h de incubación las colonias son de 1mm de diámetro, brillante, lisas con centros opacos y bordes bien definidos. Se pueden observar algunas colonias mucoides en la confluencia de las líneas de crecimiento. El perfil de las colonias puede ser sencillo o biconvexo. Los patrones de hemólisis; alfa (verde), beta (completamente claro) o gamma (sin cambio) son muy importantes en el proceso de identificación de los cultivos. La mayoría de los estreptococos patógenos son beta hemolíticos¹⁵. Con el objetivo de aislar y caracterizar morfológicamente bacterias Gram positivas en muestras de leche positiva a mastitis, se realizó un estudio en la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo.

Materiales y Métodos

Localización

Las muestras de leche fueron colectadas en una unidad de producción de leche de vaca asociada a la Cuenca Lechera de Tizayuca en el estado de Hidalgo, localizada en el kilómetro 57 de la carretera México-Pachuca, ubicada a los 19° 50´, de Latitud Norte y 98° 59´, de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 2,260 msnm, con un clima templado con verano cálido y una precipitación pluvial media anual de 640 mm¹⁹. Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Instituto de Ciencias Agropecuarias, el cual pertenece a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y se encuentra localizado en Av. Universidad km. 1, ex hacienda Aquetzalpa en Tulancingo de Bravo, Hidalgo. En la Figura 4 se muestra el esquema general de trabajo que se manejó para realizar el trabajo de investigación.

Diseño del estudio epidemiológico

El diseño experimental correspondió a un análisis descriptivo, considerando como variable descriptiva de estudio el crecimiento o aislamiento bacteriano.

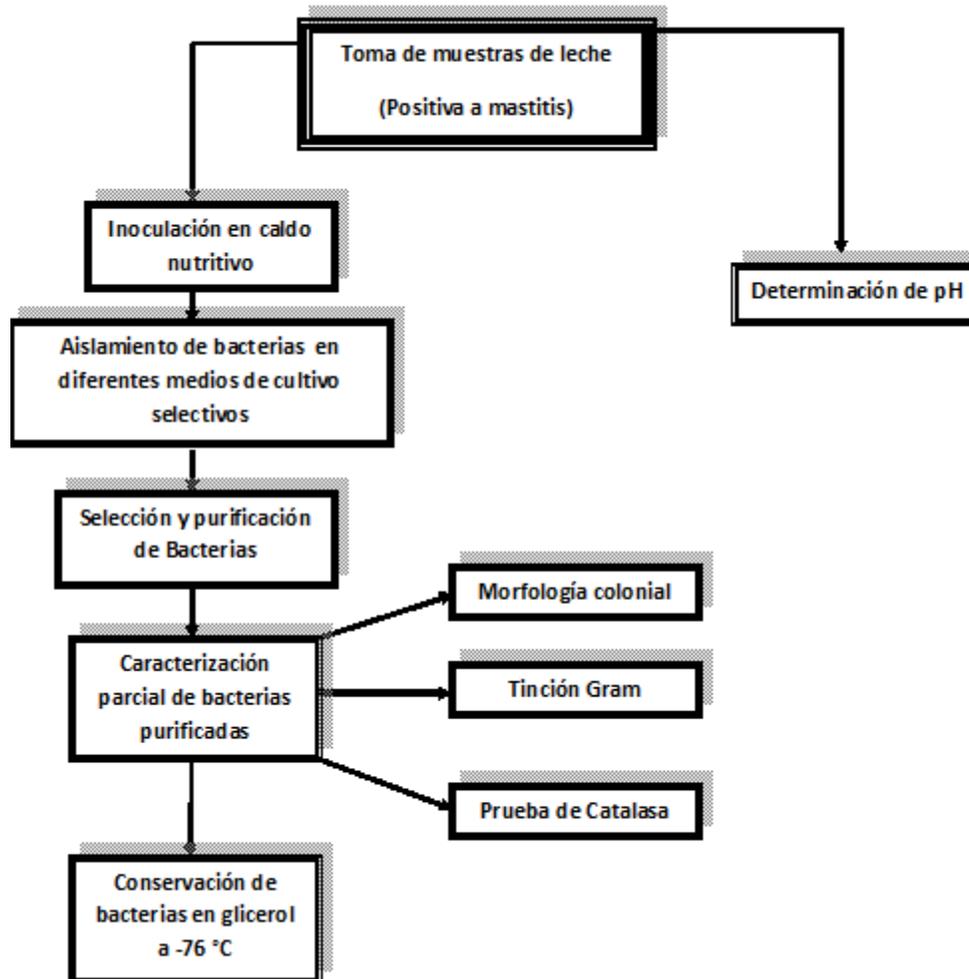


Figura 4. Esquema general de trabajo

Prueba de California

La Prueba de California para mastitis se realizó por personal capacitado de la Cuenca, a 83 vacas sospechosas a mastitis, utilizando la metodología de Bedolla⁴:

1. Lavado, limpiado y secado de la ubre de la vaca.
2. Se desecharon las primeras secreciones de leche antes de tomar la muestra.
3. Posteriormente se colectaron aproximadamente de 4 a 5 mL de leche de cada cuarto en una paleta.

4. Se agregó igual cantidad de solución de bromocresol a cada compartimento de la paleta.
5. El contenido de la paleta se mezcló perfectamente con movimientos circulares para observar el grado de gelificación de la mezcla.
6. La lectura se realizó visualmente con base al Cuadro 9, de manera rápida ya que la reacción desaparece en unos 20 segundos.

Toma de muestras

Después de realizar la Prueba de California, se eligieron 15 vacas positivas a mastitis, colectando una muestra de leche de cada vaca, por personal capacitado de la Cuenca Lechera de Tizayuca, Hidalgo. Para la recolección se siguieron procedimientos de asepsia, para evitar la contaminación por microorganismos ambientales. Se utilizaron viales de vidrio previamente esterilizados (a 121°C durante 30 min) con tapón de rosca y capacidad de 15 mL. La recolección se realizó durante la ordeña de la mañana (5:00 h). El proceso de limpieza de la ubre y pezones se realizó con una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 0.2%, se secó perfectamente con toallas desechables²⁴, después se eliminó las primeras secreciones de leche de cada uno de los pezones con el propósito de evitar residuos contaminantes almacenados en el esfínter. Los viales se rotularon con el número de arete de cada vaca y se tomó la muestra lo más rápido posible para evitar contaminación. Las muestras fueron almacenadas a 4-5°C por 24 h en el laboratorio de la Cuenca de Tizayuca antes de ser procesadas en el laboratorio de fisiología de la Universidad.

Medición de pH a las muestras

Se utilizó un potenciómetro marca Orion 3 Star (Thermo Electron Corporation), el cual fue calibrado con buffers de 4 y 7 dando una exactitud de calibración de 94.9%, posteriormente se midió el pH de cada una de las muestras de leche.

Preparación del inóculo

De cada una de las 15 muestras se tomó 2 mL de leche y fue colocada en 2 tubos de ensaye (13X100 mm) con 1 mL cada uno, que contenía 5 mL de caldo nutritivo previamente esterilizado a 121 °C por 20 min. Los 30 tubos se incubaron a 36 °C por 96 h con el fin de fomentar el crecimiento de las bacterias. De los dos tubos inoculados uno de ellos fue conservado a 4 °C y el otro fue utilizado para las siguientes pruebas⁴³.

Preparación de diluciones seriadas

En 105 tubos de ensaye de 16 x 150 mm, previamente esterilizados a 121 °C por 30 min, se agregaron 4.5 mL de agua destilada. Posteriormente se inocularon con 0.5 mL del inóculo mencionado anteriormente y se realizaron diluciones seriadas que fueron de -1 a la -7³⁴.

Preparación e inoculación de medios de cultivo

Se prepararon los siguientes medios de cultivo selectivos para bacterias Gram positivas⁴³

- Medio 1: Agar de Sal y Manitol
- Medio 2: Agar de Mueller Hinton
- Medio 3 Agar de Infusión de cerebro y corazón
- Medio 4 :Agar para Estafilococos No. 110
- Medio 5: Agar de Vogel y Johnson

Los medios de cultivo se esterilizaron a 121 °C durante 15 min y se colocaron en placas Petri, las cuales se dejaron reposar por 24 h. con el fin de asegurar su esterilización. Las placas fueron inoculadas con 100 µL de las diluciones de la -4, -5, -6 y -7 usando la técnica de barrido en placa). Posteriormente las placas se incubaron a 36 °C realizando el conteo de colonias bacterianas a las 24, 48 y 72 h. Esta prueba se realizó por triplicado³⁴.

Selección de colonias

De las placas inoculadas con las diluciones a -4, -5, -6 y -7 se seleccionaron las diferentes colonias con base a tamaño, borde, forma, superficie, consistencia, coloración y pigmentación para posteriormente realizar su purificación³⁴.

Purificación de colonias

De las colonias seleccionadas se realizó el proceso de purificación transfiriéndolas al mismo medio de cultivo estéril por la técnica de estría cruzada e incubándolas a 36 °C por 24 h (REVCO Thermo Electron Corporation). Este proceso se realizó hasta obtener la purificación de la colonia, es decir, hasta aislar un solo tipo de colonia³⁴.

Determinación de morfología colonial, tinción Gram y Prueba de Catalasa

Se describió la morfología colonial de cada una de las colonias purificadas con base en su: tamaño, borde, forma, superficie, consistencia, pigmentación y coloración. También se realizó la tinción Gram y Prueba de Catalasa^{33,34,36}.

Conservación de bacterias

Las colonias purificadas y caracterizadas se sembraron en el mismo medio de cultivo y se incubaron a 36 °C por 24 h verificando que no presentara contaminación. Se realizó lavado en placa con 4 mL de agua destilada estéril con el fin de recuperar la mayor cantidad de biomasa para su conservación obteniendo dos tubos Eppendorf de cada colonia bacteriana. Estos tubos se centrifugaron a 10,000 rpm por 10 minutos (Hermle Z300K Labortechnik) y se eliminó el sobrenadante, posteriormente se realizó un segundo lavado agregando 1.5 mL de agua destilada estéril. Este proceso se realizó tres veces. Los tubos con las muestras fueron conservados en glicerol al 30% (Anexo 9) a - 70 °C (Thermo Electron corporation) hasta su posterior uso en otros trabajos de investigación⁴¹.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos de conteo y número de aislados por muestra se realizó un análisis de varianza con el procedimiento Mixed de SAS⁴⁷, utilizando los siguientes modelos estadísticos:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + TM_j + H_k + (TM^*H)_{jk} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Efecto de la *i*-ésima, muestra en el *j*-ésimo tipo de medio.

μ = Media general.

M_i = Efecto de la *i*-ésima muestra.

TM_j = Efecto fijo del *j*-ésimo tipo de medio (*j* = 1, 2, 3, 4 y 5).

e_{ij} = efecto del error experimental en *i*-ésima muestra, del *j*-ésimo tipo de medio.

Resultados y discusión

Medición de pH

La distribución de las muestras de leche en función a su pH se presenta en la Figura 5. El pH obtenido fue de 6.8 (±0.16), obteniéndose un valor mínimo de 6.6 y un máximo de 7.1. Obteniendo un mayor número (seis) de muestras entre el pH que van de 6.66 a 6.78. El pH de leche normal se encuentra en un rango de 6.6 a 6.7. Por lo que 46.66% de las muestras en el presente estudio se encuentran en un rango de 6.6-6.7 y 53.33% tuvieron un pH entre 6.8-7.1. La acidez aparente es el resultado de la interacción de todos los componentes de la leche y es cercano a la neutralidad, por lo que cualquier cambio en el valor de pH representa una alteración del producto. Un pH bajo se debe a un proceso de acidificación microbiana y un pH alto a una posible infección de mastitis. Se menciona que a pH por encima de 6.8 indica indicios de mastitis subclínica⁵¹. La modificación de pH afecta a la calidad de la leche, produciendo cambios significativos en la composición de los elementos de la leche que se sintetizan a nivel de la ubre, tales como la grasa, caseína y lactosa, mientras que aquellos componentes que pasan a la leche provenientes de la sangre

tales como proteínas séricas y cloruros, aumentan debido a una mayor permeabilidad capilar.



Figura 5. Distribución de las muestras de leche de vacas con diagnóstico positivo a mastitis en función de su pH

Conteo de bacterias

El número de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) no fue afectado por el tipo de medio, ni por el tiempo. Tampoco se observó interacción entre medio y tiempo ($P > 0.05$). La media de UFC/mL fue de $3.98 \times 10^9 \pm 8.23 \times 10^8$. Al analizar el efecto de pH de la leche sobre el número de UFC/mL se observó un efecto cuadrático ($P < 0.001$; Figura 6). A medida que el pH aumenta (6.6 a 6.8), las UFC disminuyen hasta pH de 6.8 e incrementa conforme aumenta el pH de 6.9 a 7.1. Siendo la siguiente la ecuación que explica los datos:

$$\text{UFC} = 3.0 \times 10^{12} - 8.8 \times 10^{11} * \text{pH} + 6.4 \times 10^{10} * \text{pH}^2$$

La carga bacteriana en leche normal cruda es de 1.0×10^3 UFC/mL en vacas sanas, sin embargo, en muestras de leche obtenida de los cuartos de vacas infectadas por mastitis la carga microbiana fue de 1.0×10^7 UFC/mL⁵⁸.

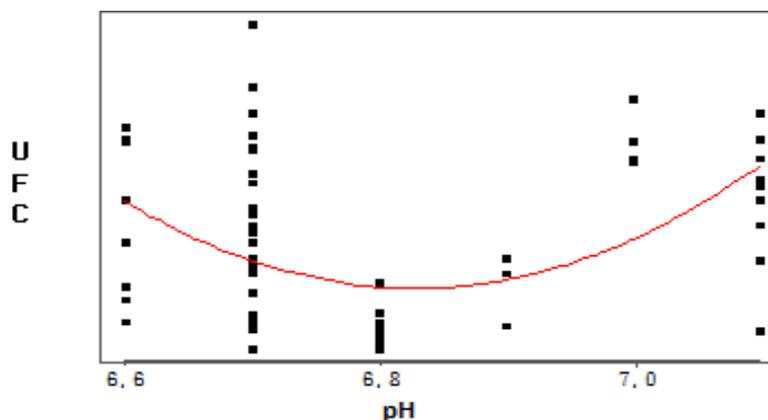


Figura 6. Distribución de las observaciones del conteo bacteriano en UFC en función del pH de las muestras de leche

Aislamiento de bacterias

El tipo de medio de cultivo tuvo efecto significativo sobre el número de aislamientos obtenidos en las muestras ($P \leq 0.01$). En el Cuadro 5 se muestra el número de aislamientos obtenidos de cada medio de cultivo y el total de aislados obtenidos de cada uno. El mayor número de aislamientos se obtuvo en el medio de cultivo de Sal y Manitol y el menor número de aislamientos del medio de Estafilococos 110. Obteniendo un total de 190 bacterias aisladas y purificadas de los cinco medios.

Cuadro 5. Número de aislados por medio de cultivo.

Medio de cultivo	No. de aislados por muestra	No. de aislados totales
110	1.67 (± 0.31)	25
SyM	3.40 (± 0.31)	51
MH	2.40 (± 0.31)	36
VyJ	2.53 (± 0.31)	38
CyC	2.67 (± 0.31)	40
Total de aislados		190

110= Estafilococos No. 110; SyM= Sal y Manitol; MH= Mueller Hinton; VyJ= Vogel y Jonhson; CyC= Infusión de Cerebro y Corazón.

Prueba de crecimiento, Catalasa y tinción Gram

La frecuencia de crecimiento se muestra en el Cuadro 6. Donde se observa que los medios de cultivo de Mueller Hinton e Infusión de Cerebro y Corazón mostraron un crecimiento inferior a los demás.

Cuadro 6. Frecuencia de crecimiento en los cinco diferentes medios de cultivo (%)

Medio					
Crecimiento	110	SyM	MH	VyJ	CyC
Si	100.0	100.0	94.44	100.0	95.0
No	0.0	0.0	5.56	0.0	5.0

110= Estafilococos No. 110; SyM= Sal y Manitol; MH= Mueller Hinton; VyJ= Vogel y Jonhson; CyC= Infusión de Cerebro y Corazón.

La Prueba de Catalasa mostro resultados de 100% positivo a Catalasa. Mientras, que la mayor frecuencia de bacilos negativos se obtuvo de los medios de cultivo de Mueller Hinton e Infusión de Cerebro y Corazón, y para los cocos positivos fue del medio de cultivo de Vogel y Johnson (Cuadro 7).

Cuadro 7. Frecuencia de los aislados en función de la tinción Gram (%)

Medio					
Gram	110	SyM	MH	VyJ	CyC
Bacilos (-)	4.0	3.92	20.59	2.63	7.89
Cocos (+)	96.0	96.08	79.41	97.37	92.11

110= Estafilococos No. 110; SyM= Sal y Manitol; MH= Mueller Hinton; VyJ= Vogel y Jonhson; CyC= Infusión de Cerebro y Corazón.

En la literatura revisada no se ha encontrado bibliografía donde usen estos cinco medios de cultivo para aislar bacterias Gram positivas, sin embargo, utilizando un medio de cultivo agar Sangre se aislaron 20 bacterias de vacas con mastitis³², a las cuales les realizaron pruebas bioquímicas y análisis al microscopio donde los 20 aislamientos presentaron la morfología celular de cocos y fueron positivos para la tinción de Gram.

Además, se realizaron pruebas de catalasa y crecimiento en agar sal y manitol a cada uno de los aislamientos dando resultados positivos, reportándose como *Staphylococcus* spp. Mientras, Boscán⁶³ aislaron 107 bacterias de 96 cuartos de vacas con mastitis en dos medios de cultivo Mac-Conkey y agar Sangre, a las bacterias se les realizó tinción Gram y se obtuvo 100% Gram positivo, 45.79% correspondieron a formas cocoides y 54.21% resultaron formas bacilares/cocobacilares, reportándose como *Staphylococcus* spp y *Corynebacterium* spp. Sparo⁵³, aislaron un total de 33 bacterias de muestras de leche positivas a mastitis de las cuales 15 fueron *S. aureus*, 10 *S. dysgalactiae*, 7 *S. uberis*, 1 *S. agalactiae* utilizando un medio de cultivo de Cerebro y Corazón. Los *Staphylococcus* spp. fueron confirmados por la prueba de catalasa y por la hidrólisis de agar sal y manitol, mientras que *Streptococcus* spp fueron confirmados por la β -hemólisis usando sangre de ovino.

Conclusiones

Las bacterias obtenidas en las muestras de leche provenientes de la Cuenca lechera de Tizayuca Hidalgo pertenecen al género de *Staphylococcus* spp y algunas enterobacterias. Sin embargo, estas pruebas no son suficientes para confirmar dichos géneros. Por lo que se deben realizar más pruebas bioquímicas, PCR y árboles filogenéticos, para confirmar los aislamientos. Los medios de cultivo utilizados en este trabajo de investigación pueden ser empleados para aislar bacterias Gram positivas, ya que se obtuvo un crecimiento bueno de las mismas.

Referencias:

1. Alfonso, I.D., Pérez, G.C. y Prado, E.A. (2008). Evaluación epizootiología de la mastitis bovina en cuatro vaquerías. Revista Electrónica de Veterinaria. IX (7): 1695-7504.
2. Armenteros, M., Sequeira, M., Hartikainen, M. y Campos, A. (2004). Caracterización de la situación de la mastitis bovina en rebaños lecheros de los departamentos de Boacochontales: época de lluvia. Revista de Salud Animal. 26(2): 124-127.
3. Bagley, C.V. (1997). Staph Mastitis. Herd control program. Utah State University Extension. Pp: 1-4.
4. Bedolla, C.C., Castañeda, V.H. y Wolter, W. (2007). Métodos de detección de mastitis bovina. Revista electrónica de Veterinaria. 8(9): 1695-7504.
5. Bedolla, C.C. y Ponce de León, M.E.R. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. Revista Electrónica de Veterinaria. 9(4): 1695-7504.

6. Brigtling, P., Mein, G.A., Malmö, J. y Ryan, D.P. (1998). Countdown Downunder: Farm Guidelines for mastitis control. Dairy Research and Development Corporation. Pp: 87-109.
7. Calderón, A. y Rodríguez, V.C. (2008). Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21: 582-589.
8. Calvino, L.F. (1999). El control de mastitis causadas por *Staphylococcus aureus* a través de segregación. Revista Chacra & Campo Moderno. 828: 10-11.
9. Castro, F.O., Rojas, P.P. y Rodríguez, L. (2006). Nuevas aproximaciones biotecnológicas para combatir la mastitis. Agro-Ciencia. 22(1): 49-58.
10. Cepero, O., Castillo, J.C. y Salado, J. (2005). Mastitis subclínica: su detección mediante diferentes técnicas diagnósticas en unidades bovinas. Revista Electrónica de Veterinaria. 7(3): 1695-7504.
11. Charles, A. (1985). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Editorial. CECSA, México. Pp: 310-315.
12. Cheng, D.R., Zhu, S.Y., Yin, Z.H., Ding, W.W., Mu, Z.X., Su, Z.X. y Sun, H.C. (2010). Prevalence of bacterial infections responsible for bovine mastitis. African Journal of Microbiology Research. 4(11): 1110-1116.
13. Contreras, G.A. (2009). Alternativas en el manejo de la mastitis en novillas. Redalyc. 14(1): 1642-1653.
14. Corbellini, C.N. (1996). La mastitis bovina y su impacto sobre la calidad de la leche. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Proyecto Lechero. Pp: 1-12.
15. Cottral, G.E. (1978). Manual de métodos estandarizados en Microbiología Veterinaria. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana, S.A. Primera edición. México D.F. Pp: 330-337.
16. Cuevas, R.V., Espinosa, G.J.A., Flores, M.A.B., Romero, S.F., Vélez, I.A., Jolalpa, B.J.L. y Vásquez, G.R. (2007). Diagnóstico de la cadena productiva de leche de vaca en el estado de Hidalgo. Revista Técnica Pecuaria en México. 45(1): 25-40.
17. Fernández, M.L., Ramírez, J.P., Chaves, C. y Arias, M.L. (2008). Disminución en la incidencia de mastitis en ganado vacuno con la aplicación de un sellador de barrera experimental. Agronomía Costarricense. 32(1): 107-112.
18. Flores, A.R. (2006). Tratamiento de mastitis con antibióticos de corto período de retiro. Revista Virbac Al Día Bovinos. No.8.
19. García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. Pp: 23.
20. Gasque, R.G. (2008). Mastitis bovina. Enciclopedia Bovina. Universidad Autónoma del Estado de México. Cap. 4. Pp: 176-181.
21. González, G.R., Molina, B.S. y Coca, R.V. (2010). Calidad de la leche cruda. Primer Foro Sobre Ganadería lechera de la Zona Alta de Veracruz 2010. Pp: 1-10.
22. Harmon, R.J. (1994). Symposium: Mastitis and genetic evaluation for somatic cell count. Journal of Dairy Science. 77: 2103-2112.
23. Hazard, S.T. y France, M.C.I. (2006). Composición y calidad de la leche. Revista Ganadería y Praderas. Tierra Adentro. 1(1): 34-35.
24. Hernández, A.L.; Valero, G.E. (1999). Diagnostico Bacteriológico y recomendaciones para el control de la mastitis. INIFAP. Pp: 1-15.
25. Hoet, A., D'Pool, G., Fulcado, W., Polo, R., Graterol, C. y Brito, M. (1999). Aislamiento de Estafilococos coagulase positivos distintos a *Staphylococcus aureus*, de cuartos con mastitis subclínica en la villa del Rosario, Estado de Zulia, Venezuela. Revista científica FCV-LUZ. 9(2): 149-153.

26. Holt, G.J. y Krieg, N. (1994). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Ninth. Pp: 71-174.
27. Hussein, S.A. (2008). Isolation and identification of bacterial causes of clinical mastitis in cattle in Sulaimania region. *Iraqi Journal of Veterinary Science*. 22(1): 35-41.
28. Kerr, D. E. y Wellnitz, O. (2003). Mammary expression of new genes to combat mastitis. *Journal Animal Science*. 81(Suppl. 3): 38-47.
29. Kim, Y., Atalla, H., Mallard, B., Robert, C. y Karrow, N. (2011). Changes in Holstein cow milk and serum proteins during intramammary infection with three different strains of *Staphylococcus aureus*. *BMC Veterinary Research*. 7(51): 1-13.
30. Kleinschroth, E., Rabold, K. y Deneke, J. (1991). La mastitis. Editorial EDIMED, España. Pp: 6-77.
31. Lam, T.J.G.M., Olde, R.G.M., Sampimon, O.C. y Smith, H. (2009). Mastitis diagnostics and performance and monitoring: a practical approach. *Irish Veterinary Journal*. 62: 34-39.
32. Lopez, J.E.M., Higuera, J.E.R., Ochoa, A.Z., Chassin, O.N., Valdez, J.J.A., Brevo, A.P. y Baizabal, V.M.A. (2006). Caracterización molecular de aislamientos de *Staphylococcus* spp. Asociados a mastitis bovina en Tarimbaro, Michoacán. *Técnica Pecuaria en México*. 44(1): 91-106.
33. Mac Faddin, J.F. (1993). Pruebas bioquímicas para la Identificación de bacterias de importancia clínica. Editorial Médica Panamericana. México. Prueba de la Catalasa Pp: 39-44.
34. Madigan, M.T., Martinko, J.M. y Parker, J. (2005). *Brock Biología de los microorganismos*. Editorial Pearson Higher Education. 10a Edición. Southern Illinois University Carbondale, USA. Pp: 58-59.
35. Magariños, H. (2000). Producción higiénica de la leche cruda una guía para la pequeña y mediana empresa. Editorial Producam y Servicio Incorporados S.A. Villa Europa Valdivia, Chile. Pp: 39-50.
36. Mason, C. (2006). Basic mastitis bacteriology: untangling the pathogens. *Irish Veterinary Journal*. 59(8): 453-459.
37. Pastor, G.F.J.I. y Bedolla, C.C. (2008). Determinación de la prevalencia de mastitis bovina en el municipio de Tarimbaro Michoacán mediante la Prueba de California. 9(10): 1-34.
38. Philpot, W.N. (1979). Control of mastitis by Higiene and therapy. *Journal Dairy Science*. 62: 168-176.
39. Philpot, W.N. (1998). Today's Challenge to Meet Tomorrow's Needs. Proc. Panamerican Congress on Mastitis Control and Milk Quality. Mérida, México. Pp: 12-21.
40. Philpot, W.N. y Nickerson, S.C. (1991). Mastitis: counter attack a strategy to combat mastitis. Ed. Surge International Babson Brothers Co. Naperville, Illinois, USA. Pp: 1-150.
41. Piloni, J.M. (2002). Evaluación de un medio de cultivo a base de mucilago de café para la producción de ácidos orgánicos y proteína unicelular. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-IPN unidad Puebla. Pp: 36-51.
42. Revelli, G.R., Sbodio, O.A. y Tercero, E.J. (2004). Recuento de bacterias totales en la leche cruda de tambos que caracterizan la zona noroeste de Santa Fe y Sur de Santiago de Estero. *Revista Argentina de Microbiología*. 36: 145-149.
43. Rodríguez, F.J. (1994). *Manual de medios de cultivo*. Merk. Darmstadt. Alemania. Pp: 1-364.
44. Ruegg, P.L. (2002). Control de la mastitis. Instituto Babcock Universidad de Wisconsin. *Revista Novedades lácteas. Ordeño y calidad de la leche*, No. 405. Pp: 1-10.
45. Ruegg, P.L. (2003). El papel de la higiene en el ordeño eficiente. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. *Revista Novedades lácteas. Ordeño y calidad de la leche*. No. 406. Pp: 1-8.

46. Saran, A. y Chaffer, M. (2000). Mastitis y calidad de leche. Inter-Médica. Colombia. Pp: 1-194.
47. SAS. (2000). SAS/STAT User's guide. Version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC. Pp: 1464.
48. Scaramelli, A. y González, Z. (2005). Epizootiología y diagnóstico de la mastitis bovina. Manual de Ganadería de Doble Propósito 2005. Ediciones Astra Data. Cap. 9. Pp: 328-334.
49. Schroeder, J.W. (2010). Mastitis control programs: Bovine mastitis and milking management. Extension Service North Dakota State University. AS-1129: 1-12.
50. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2010). SIAP. Bovino leche: población ganadera 2001-2010. (consultado el 11 de Enero del 2012). En línea: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoplacionGanadera/ProductoEspecie/bovlech.pdf
51. Shahid, M., Sabir, N., Ahmed, I., Khan, R.W., Irshad, M., Rizwan, M. y Ahmed, S. (2011). Diagnosis of subclinical mastitis in bovine using conventional methods and electronic detector. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 6(11): 18-22.
52. Sharma, N., Singh, N.K. y Bhadwal, M.S. (2011). Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. Asian-Australian Journal Animal Science. 24(3): 429-438.
53. Sparo, M.D., Jones, D.G. y Sánchez, S.F.B. (2009). *In vitro* efficacy of the novel peptide CECT7121 against bacteria isolated from mastitis dairy cattle. Journal compilation. Letters in Applied Microbiology. 48: 187-192.
54. Stokes, S.R., Waldner, D.N., Jordan, E.R. y Looper, M.L. (2000). Managing milk composition: normal sources of variation. Revista Agri Life Extension Texas. L-5388: 1-4.
55. Swan, L.C. (1943). The mastitis problem. Canadian Journal of Comparative Medicine. 7(12): 356-359.
56. Valdivia, V.O., Castañeda, V.H., Castañeda, V.M.A., Bedolla, C.C., Valdivia, V.E., García, G.J., Wolter, W. y Barragán, C.V. (2006). Técnicas de microbiología orientadas a incrementar la sensibilidad de los cultivos bacteriológicos aplicables en los programas de control de vacas con mastitis Clínica y Subclínica. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. Pp: 831-840.
57. Waage, S., Mark, T., Roros, A., Aasland, A., Hunshamar, A. y Odegaars, S.A. (1998). Bacteria associated with clinical mastitis in dairy heifers. Journal of Dairy Science. 82: 712-719.
58. Wallance, R. L. (2009). Bacteria counts in raw milk. Illini-Dairy-Net Quality Issues Papers. Pp: 1-6.
59. Wattiaux, M.A. (1994). Mastitis: Prevención y detección. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Revista Esenciales Lecheras. Pp: 93-96.
60. Wilson, D.J., González, R.N. y Das, H.H. (1997). Bovine mastitis pathogens in New York and Pennsylvania prevalence and effects on somatic cell count and milk production. Journal of Dairy Science. 80: 2592-2598.
61. Wolfe, P.C.S., Mullarky, I.K. y Jones, G.M. (2010). *Staphylococcus aureus* Mastitis: cause, detection, and control. Virginia Cooperative Extension. 404-229: 1-7.
62. Zavala, J.M. (2005). Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Dirección General de Promoción Agraria. Ministerio de Agricultura. Pp: 3-56.
63. Boscan, O.J., Villarroel, N.R., Oviedo, B.A., Sanchez, V.A., Pino, R.D., Garcia, B.D., Hernandez, G.L. y Perez, B.M. (2009). Bacterias patógenas potenciales al inicio del período seco de vacas doble propósito con mastitis subclínicas. Revista científica Redalyc. 19(3): 277-283.

CAPÍTULO 11

NO CONFORMIDADES A REQUISITOS DE LA NORMATIVIDAD SANITARIA EN UN ESTABLECIMIENTO QUE PRODUCE SALCHICHA VIENA

Patricia Mora Medina

Introducción

Cuando se habla de alimentos es necesario practicar métodos de para garantizar su adecuada inocuidad y mantener su seguridad a lo largo de la cadena alimentaria son fundamentales para el consumidor. Contraer enfermedades de alimentos representa un riesgo si una persona come en casa, en un restaurante o en un evento social elegante. Técnicas de seguridad adecuada de los alimentos y su manipulación deben ser practicadas con el fin de proteger al consumidor de graves consecuencias¹, ya que la falta de conocimientos sobre las buenas prácticas de manufactura así como la escasa disponibilidad de información técnica complementaria repercuten negativamente en la manipulación y preparación de los alimentos, tanto a nivel familiar como comercial. Esta carencia de conocimientos técnicos básicos sobre la inocuidad por parte de quienes preparan alimentos, se puede considerar como uno de los factores que más contribuyen a las contaminaciones alimenticias, donde indirectamente se ven mayormente afectados los grupos más vulnerables a enfermarse como los niños, los ancianos y las personas inmunocomprometidas⁶.

Conocer la historia de un alimento desde su origen y producción hasta el consumo, es cada vez más importante; de hecho, la tendencia actual es dar seguimiento a las rutas que ha recorrido el alimento desde su origen, las posibles causas de contaminación durante las fases de manipulación, procesamiento, almacenamiento, transporte, distribución y su exposición hasta que llega finalmente al consumidor. Las técnicas modernas como la trazabilidad permiten poder recuperar la historia del alimento, su utilización y localización

por medio de los códigos de registros, lo que hace posible poder disponer rápidamente de información sobre el mismo a lo largo de toda la cadena alimentaria⁶.

Con la finalidad de prevenir que los peligros microbiológicos asociados a las enfermedades transmitidas por alimentos estén presentes en los establecimientos, se han desarrollado algunas recomendaciones con la finalidad de “sanear el ambiente de procesamiento”. Para alcanzar este objetivo es necesaria la participación continua de todos los sectores involucrados, esto es, las autoridades gubernamentales, los propietarios agroindustriales, los operarios dedicados a estas actividades y los consumidores. La adopción de medidas prácticas en los propios negocios relativas a las innovaciones técnicas de los procesos, en los modelos de organización productiva, en la gestión administrativa, en la inversión para el mejoramiento de la infraestructura de trabajo, entre otras acciones, sin duda ayudarán positivamente a mejorar la operatividad de la empresa. Las autoridades de salud y otras instituciones afines deberían promover las campañas de capacitación y promoción publicitaria en el sentido de adoptar medidas prácticas para lograr la inocuidad de los alimentos que se preparan o procesan, ya sea a nivel de la familia en el hogar o a nivel comercial⁶.

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los procedimientos operacionales estandarizados de sanitización (POES) son programas pre-requisito (PPR) previos para la implementación del sistema HACCP, siendo el paso inicial en la adopción de un sistema de aseguramiento de la calidad en la industria alimentaria^{4,7,8}.

Los PRP representan la primera etapa para asegurar la calidad sanitaria ambiental en los establecimientos que procesan y/o manipulan alimentos. Pueden ser definidos como procedimientos o etapas universales que controlan las condiciones operacionales dentro de una industria alimentaria, permitiendo la creación de ambientes favorables para producir un alimento seguro. Entre los PRP se incluyen elementos que a menudo se describen como buenas prácticas de manufactura como, por ejemplo, limpieza y sanitización, higiene personal, así como del entorno de fabricación, diseño higiénico-sanitario y mantenimiento preventivo de equipos y utensilios. Estas condiciones están bien establecidas y han sido utilizadas durante mucho tiempo por la industria de alimentos, de tal manera que cualquier establecimiento procesador de alimentos debería laborar de acuerdo con estos elementos

pre-requisito⁷. Los factores críticos a ser considerados y las medidas recomendadas que deben ponerse en práctica se describen los siguientes doce rubros, a fin de lograr la inocuidad en los alimentos de cualquier origen que se preparan o procesan para el consumo humano. Cada uno de estos puntos es obligatorio que se transforme en Programas Pre-Requisito.

- a) **Materias Primas e Ingredientes.** Cuando se utilizan para la preparación de los alimentos, deben indicar su procedencia y se debe poder verificar que son aptos para el consumo. De hecho, los proveedores de estos productos deben ser reconocidos y estar registrados ante las instancias legales de modo que se ajusten a las normas vigentes y cumplan con la calidad higiénica y sanitaria correspondiente⁶.

Tanto las materias primas como los ingredientes deben ser conservados y guardados en lugares bien protegidos de contaminación y rotulados para su fácil identificación^{6,12}.

- b) **Temperatura.** Como regla general las materias primas alimenticias como las carnes de todo tipo, frutas, vegetales, productos lácteos crudos o procesados deben de mantenerse a temperaturas de refrigeración máxima de 4°C. Con ello se evita o se reduce la acción de las bacterias patógenas y de descomposición propias posiblemente presentes en los alimentos, ya sea porque o bien los patógenos no se desarrollan o lo hacen a una tasa mínima de crecimiento; en consecuencia se preserva la inocuidad de los alimentos y se evitan los riesgos de posibles enfermedades. Es necesario recordar que en climas cálidos y tropicales las bacterias patógenas y las causantes de la descomposición se desarrollan más rápidamente y, por lo tanto, el control de la temperatura en los alimentos debe ser estricto^{6,12}.

Se debe evitar que el alimento pase mucho tiempo entre los 5°C y los 55°C, y más concretamente entre los 20°C y 40°C, que es cuando la mayoría de las bacterias infecciosas (p. ej. *Salmonella* spp, *Shighella* spp) y de intoxicación (*Staphylococcus*

aureus y *Clostridium* spp) se multiplican intensamente en los sustratos alimenticios dando origen a las enfermedades gastrointestinales^{6,12}.

- c) **Salud de las personas que elaboran los alimentos.** La verificación periódica de la salud del personal que elabora los alimentos debe ser una medida de control obligatoria y efectuada al menos una vez por año por las autoridades nacionales de salud en mutuo acuerdo con las empresas alimentarias. Las personas con enfermedades infectocontagiosas como tuberculosis, tifoidea o algunas gastrointestinales de diversa sintomatología, se vuelven portadoras de alto riesgo de los agentes que ponen en peligro la inocuidad de los alimentos. Por lo tanto, a todos los trabajadores se les deben exigir los certificados de salud pertinentes^{6,12}.

- d) **Buenos hábitos higiénicos del personal.** Los buenos hábitos higiénicos de los operarios que trabajan con alimentos repercuten significativamente en la inocuidad de los productos alimenticios. El uso de uniformes, delantales, gorros, guantes, manos limpias, cabello cubierto, uso de cubre bocas, laborar sin joyas como anillos, relojes o collares, debe ser una práctica obligatoria. Asimismo, la higiene personal cotidiana, lavarse las manos con jabón desinfectante y secárselas cada vez que se usan los sanitarios durante la jornada de trabajo debe ser una práctica de rigor que cada operario debe cumplir. Es necesario tener presente que los alimentos son sensibles a la contaminación y, por lo tanto, se debe tener una actitud de pulcritud y nitidez en las actividades que se lleven a cabo en los ambientes de trabajo^{6,12}.

- e) **Limpieza e higiene de utensilios, equipos y espacios de trabajo.** Los utensilios y equipos, así como los espacios físicos de trabajo deben estar limpios y desinfectados. Los utensilios que están en contacto directo con los alimentos, deben lavarse con jabón adecuado, enjuagarlos con agua adicionada de desinfectante y escurrirse antes de guardarlos. Es necesario que algunos también se esterilicen con agua a 95° C para eliminar bacterias alterantes y cualquier microorganismo patógeno que pueda estar presente. Los utensilios y el equipo en contacto directo con las materias primas

deben limpiarse e higienizarse de modo intenso, porque si no se limpian e higienizan cuidadosamente se pueden convertir en reservorios de bacterias y hongos. Asimismo, los cuchillos de corte para carnes y frutas y hortalizas deben ser diferentes para evitar contaminaciones cruzadas indeseables. Al final de cada jornada de trabajo se debe limpiar el piso, remover los desperdicios orgánicos e inorgánicos y colocarlos en los recipientes correspondientes, los cuales deben limpiarse periódicamente y mantenerse alejados del local de trabajo^{6,12}.

- f) **Manejo adecuado de los desperdicios.** Las empresas donde se preparan alimentos generan diariamente desperdicios que pueden volverse fuentes de contaminación y criaderos de animales indeseables (moscas, roedores, entre otros), que ponen en riesgo la inocuidad de los alimentos. En este sentido se deben recoger estos desechos y colocarlos en contenedores o recipientes revestidos de bolsas plásticas para facilitar el traslado a los depósitos finales de la basura^{6,12}.
- g) **Uso de agua potable.** El agua además de ser un elemento vital es un factor fundamental para lograr la inocuidad de los alimentos durante la preparación. El agua necesaria para la preparación de los alimentos debe ser potable, es decir apta para el consumo humano. Debe estar libre de bacterias y parásitos patógenos y cualquier otra sustancia nociva a la salud humana^{6,12}.

La seguridad microbiológica del agua de bebida es uno de los más importantes requisitos para el agua potable. No existe un único parámetro microbiológico práctico para evaluar la calidad del agua potable, sin embargo, el recuento total de bacterias mesófilas aerobias, se utiliza como un indicador básico³.

No hay correlación significativa entre la seguridad microbiológica del agua potable y el recuento de bacterias aerobias mesófilas que se haya establecido hasta ahora, en cuanto se refiere a agua destinada a la población humana en general. Sin embargo, patógenos oportunistas también pertenecen a este grupo de bacterias. Esas son las

bacterias que pueden causar numerosas infecciones y ser fatal en personas inmunodeficientes³. El agua es un factor preponderante que contribuye negativamente a la presencia de enfermedades transmitidas por los alimentos. Asimismo quienes utilizan agua para la preparación de alimentos deben ser conscientes de la obligatoriedad de disponer de agua de buena calidad, sobre todo el agua que entra en contacto directo con los mismos. Los negocios que procesan alimentos deben disponer de filtros para remover impurezas, aplicar hipoclorito de sodio según las recomendaciones técnicas para lograr una concentración de cloro de 100 ppm que permite poder eliminar microorganismos patógenos. El uso de luz ultravioleta es también una valiosa opción para purificar el agua, así como hervir el agua, ya sea para beber y/o para la preparación de refrescos. Ello garantiza la inocuidad, porque se eliminan, además de los microorganismos patógenos, otros parásitos de alto riesgo para la salud que puede contener el agua. Las autoridades de gobierno deberían responsabilizarse seriamente de surtir agua de calidad potable así como la supervisión del agua de consumo para evaluar la calidad fisicoquímica y sanitaria de forma continua y prevenir potenciales contaminaciones⁶.

- h) **Importancia de verificar medidas e instrumentos.** En los lugares en que se preparan alimentos frecuentemente se requiere medir con precisión las cantidades de sustancias que se van a mezclar ya sea para formular, procesar o limpiar. De este modo se recomienda determinar correctamente todas las cantidades de productos ya sea los ingredientes y aditivos así como las sustancias químicas recomendadas para la limpieza e higiene de los equipos, utensilios y locales^{6,12}.
- i) **Distribución, limpieza, iluminación y ventilación de los espacios.** La distribución adecuada de las distintas secciones ayuda a ejecutar el trabajo de forma organizada, funcional y eficiente. Por ejemplo, las áreas frías deben estar distantes de las áreas calientes (cuartos fríos versus estufas de cocción), los sanitarios deben estar fuera del área de proceso, la recepción de las materias primas en un extremo opuesto al del proceso de elaboración final de los alimentos^{6,12}.

Las salas de proceso, los cuartos de almacenamiento, vestidores, sanitarios y otras instalaciones deben estar siempre limpios y bien diseñados de modo que se facilite la limpieza. Por ejemplo, los pisos en las salas de proceso deben ser inclinados para facilitar el drenaje, debe haber disponibilidad de agua para remover impurezas, las superficies de las paredes deben ser lisas para facilitar la limpieza.

Por otra parte, es importante mantener una ventilación apropiada de modo que se evite la acumulación de aire viciado o polvo y, cuando sea posible, la ventilación artificial con aire filtrado es muy recomendable^{6,12}.

- j) **Evitar demoras y fluctuaciones de temperaturas en las operaciones de proceso.** Es necesario recordar que en la refrigeración a 4°C la mayoría de las bacterias patógenas y de descomposición retardan su crecimiento, por lo que es altamente recomendable que la secuencia de estas operaciones se haga sin demora y refrigerar el producto a 4°C⁶.
- k) **Material de recipientes, equipos de trabajo y empaques.** Al preparar los alimentos, estos entran en contacto con diversos recipientes, equipos y empaques que los exponen a la contaminación. Los materiales de que deben estar hechos los recipientes y los equipos son el acero inoxidable y el aluminio, en tanto los empaques pueden estar hechos de plástico, cartón, aluminio, mezcla de estos elementos entre otros, pero sobre los cuales existen normas técnicas y legales bien definidas^{6,12}.
- l) **Concientización del público.** De la inocuidad y la calidad de los alimentos que consume la población depende, en gran medida, su salud. Por ello, la población debe ser consciente de la necesidad de comer sano. Esto significa saber lo más importante sobre el alimento que se consume o sea, la inocuidad, su composición y la calidad nutricional del mismo⁶.

Los propietarios, los encargados de los negocios y el personal involucrado en la producción, el procesamiento, la preparación, la venta y el consumo de alimentos deben ser conscientes y conocer los riesgos que conlleva el consumo de alimentos de calidad e inocuidad dudosas. Por esta razón, están obligados a adoptar y aplicar las reglas básicas para lograr la inocuidad de los alimentos, reconociendo además el impacto socioeconómico de la inocuidad alimentaria no sólo frente a su población, sino también por la imagen de prestigio que se proyecta al exterior, tan importante en el mundo globalizado y moderno actual⁶.

Como se ha descrito con anterioridad, la más eficiente manera de producir alimentos inocuos es establecer en las plantas programas pre-requisitos como las Buenas Prácticas de Higiene y las Buenas Prácticas de Manufactura. Estas medidas representan las condiciones previas para elaborar o procesar alimentos antes de implementar sistemas como el HACCP^{1,2}. Por otra parte, la aplicación de métodos de control sobre la inocuidad de los alimentos son herramientas valiosas, como por ejemplo el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP por sus siglas en inglés), que ayuda a llevar un control en las diversas etapas o procesamientos aplicados a los alimentos y está dirigido a prevenir o evitar peligros microbiológicos, causantes de enfermedades que pueden transmitir los alimentos⁶. Con el objetivo de garantizar la seguridad de los alimentos se han diseñado diversos sistemas de trabajo basados, en general, en la aplicación de medidas que evitan que los contaminantes, vehiculizados por los alimentos, lleguen hasta el consumidor. El que más desarrollo ha tenido es el Sistema de Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos (HACCP, por sus siglas en inglés), sustentado por un adecuado control de proveedores y la aplicación de prerrequisitos básicos: Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)⁹.

Una vez que se han puesto en práctica las BPM y los POES, y antes de adoptar un sistema destinado al control de un peligro específico (HACCP), la empresa debe realizar un estudio prospectivo mediante la utilización de microorganismos marcadores para establecer los valores propios de referencia, que son alcanzables con la metodología de trabajo implementada. Al cabo del tiempo, este estudio debe generar una base de datos histórica

que permita, por comparación con los valores exigidos por la normativa vigente o por los mercados internacionales, definir si dicha metodología de trabajo es la adecuada o debe ser mejorada^{4,9}. El HACCP no puede ser concebido en su implementación, si antes no se han desarrollado y controlado los programas pre-requisito (PRP), que no son otra cosa que las actividades generales que se implementan con la finalidad de contar con un ambiente saneado para elaborar el alimento⁸.

Pero ¿cómo se puede desarrollar un sistema de detección y control de peligros como lo es el HACCP si no se cuenta con un bien establecido y validado programa de pre-requisitos? Sabiendo que los alimentos están sujetos a diversas fuentes de contaminación a lo largo de su procesamiento, tales como agua, manipuladores, equipos y utensilios dentro de un establecimiento, es lógico pensar que es responsabilidad del procesador de alimentos vigilar el cumplimiento de los requisitos de la normatividad sanitaria, garantizando con ello la inocuidad del producto. Sin embargo, cuando la autoridad sanitaria evalúa al establecimiento bajo la normatividad, el resultado de ello es la entrega de un dictamen que señala todos los puntos que no se cumplen para que el procesador de alimentos en conjunto con el personal que labora implemente las acciones necesarias para dar cumplimiento cabal a la normatividad de observancia obligatoria.

La presencia de agentes contaminantes en los alimentos, ya sean productores de intoxicaciones o infecciones bacterianas o parasitarias, o una combinación de las mismas (infecto-intoxicación), es muy frecuente y afectan sobre todo a grupos sociales de bajos recursos. Estos últimos, por razones económicas, la mayoría de las veces solo tienen acceso a alimentos de bajo costo y, por ende, de calidad e inocuidad que en muchos casos es por lo menos dudosa. Lo anterior puede ocurrir en los alimentos comercialmente preparados para la venta al público o a nivel del hogar debido a las prácticas deficientes utilizadas para prepararlos, manipularlos y consumirlos⁶.

Con la gran demanda de consumo de alimentos destinados a la población humana, elaborados con estándares de inocuidad, la Comisión del *Codex Alimentarius* (CCA), ha definido al término de inocuidad como “la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan”.

La Organización Mundial de la Salud retoma esta definición en su Manual sobre las Cinco Claves para la Inocuidad de los Alimentos¹³.

Los organismos reguladores y la industria de los alimentos son dos grupos muy interesados activamente en determinar y controlar la calidad microbiológica de los alimentos. Las autoridades regulatorias deben hacer tanto en la medida de sus posibilidades para proteger al público de peligros. El grado en el cual ellos intervienen en la producción de alimentos y suministros dependerá de curso de la normatividad del país en el cual ellos operan. Compañías a nivel comercial, productos y expendedores de alimentos también tienen un gran compromiso en ello.

Sin embargo, es importante apoyar a los establecimientos a cumplir con los estándares normativos, y en base a sus resultados de cumplimiento poder orientar a los propietarios sobre la prioridad de las acciones, determinando en primer lugar aquellas en donde el punto es crítico para garantizar la salud de los consumidores. Por ello, evaluar el grado de cumplimiento, pero sobre todo determinar las no conformidades (NC) a los requisitos normativos permite al propio establecimiento implementar las acciones correctivas correspondientes a fin de eliminar las causas de las NC. De igual manera, este diagnóstico de las condiciones en las que opera, facilitando la identificación de las áreas donde no se han cumplido los requisitos, orientará para la toma de decisiones al equipo de calidad del establecimiento implementando las acciones correctivas en los rubros donde se presentaron las NC⁸. Como dicha metodología de calidad es aplicable a cualquier alimento, el objetivo del estudio fue hacer un diagnóstico sanitario y determinar las NC a la normatividad sanitaria vigente en un establecimiento procesador de salchichas cocidas, ya que el consumo de este producto está ampliamente difundido entre la población mexicana de la zona metropolitana de la ciudad de México.

Material y Métodos

Se realizaron cuatro visitas de observación, elegidas al azar a un establecimiento dedicado a la elaboración de embutidos cocidos (salchichas) ubicado en el norte del Estado de México, México. Con los requisitos de la normatividad sanitaria aplicable, se elaboró una cédula de captura con 230 enunciados divididos en 9 rubros (instalaciones, equipo y

utensilios, servicios, almacenamiento, control de operaciones, mantenimiento y limpieza, control de plagas, manejo de residuos y personal), aplicados en 10 áreas en las cuales se ha dividido el proceso de elaboración del producto (salchicha cocida) en ese establecimiento. El formato de dicha cédula es similar a la empleada por la Secretaría de Salud para calificar el cumplimiento de la normatividad así como determinar los posibles puntos de contaminación del producto a lo largo de la cadena de procesamiento.

La evaluación sanitaria diagnóstica del establecimiento se realizó en base al cumplimiento de los requisitos señalados en la normatividad sanitaria vigente para México y en su caso, en estándares internacionales (*Codex Alimentarius*), para ello se elaboró una cédula de captura de información, tomando como base los requisitos de las NOM-251-SSA1-2009 “Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios”, la NOM-008-ZOO-1994 “Modificación de la norma Especificaciones zoonosológicas para la construcción y equipamiento de establecimiento para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos” y la NOM-009-ZOO-1994 “Proceso sanitario de la carne”. La evaluación se hizo siguiendo el modelo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Dirección General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios (DGCSBS).

Para cada uno de los rubros considerados en el acta de verificación se tomó la puntuación de 0 para un incumplimiento (No conformidad total), 1 para un cumplimiento parcial y de 2 para denotar cumplimiento del rubro. Posteriormente se transformaron estos resultados en porcentajes. Finalmente se emitió una calificación para el establecimiento transformando los valores en porcentaje de cumplimiento de los requisitos sanitarios. Los resultados obtenidos se transformaron a porcentaje de cumplimiento, identificando las áreas o zonas del establecimiento donde había menor grado de cumplimiento (No Conformidades al requisito sanitario). Para esto último, se clasificaron los porcentajes obtenidos de en 3 categorías según su cumplimiento al requisito sanitario: valores de **80 a 100%** se consideraron de cumplimiento total de acuerdo a los estándares de la empresa y con respecto a la normatividad sanitaria vigente y en donde sólo se deberá dar seguimiento a acciones de mejora para mantener el estándar; valores entre **75 a 79.9%** que fueron considerados de cumplimiento mínimo exigible de acuerdo a los estándares de la empresa y

con respecto a la normatividad sanitaria. Una vez identificadas las áreas, se deberán implementar acciones preventivas para elevar el índice ya que pondrían en riesgo de posibles contaminaciones al producto. Finalmente, valores menores a **74.9%** fueron consideradas de No cumplimiento, en donde se deberán implementar acciones correctivas para evitar las No conformidades con respecto al requisito normativo. A éstas últimas, se les consideró “rubros críticos de malas prácticas relacionadas con los factores externos asociados a la elaboración de salchichas”, que deberán ser corregidas de inmediato.

Resultados y Discusión

De acuerdo a la Procuraduría Federal del Consumidor, las salchichas representan el 48% del consumo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México¹⁴ y al evaluar el cumplimiento sanitario del establecimiento se encontró que en general cumple con los requisitos de la normatividad con el 82%, por lo que se consideró un valor aceptable. Considerando lo anterior, podemos determinar que se detectaron sin cumplimiento totales o sistemáticos de algún requisito de la normatividad sanitaria que se toma como referencia, de la legislación aplicable al producto o servicio u otro requisito que la Organización, en este caso el establecimiento dedicado a la elaboración de salchichas, de ahí que su cumplimiento en promedio fuera del 82% y no del 100%. La detección de no conformidades es importante en este establecimiento, porque facilita la mejora de aspectos relevantes de su sistema de gestión permitiendo:

- Conocer puntos importantes del sistema que no cumplen los requisitos exigidos
- Analizar las causas de incumplimiento del requisito.⁸

En este aspecto, lo importante fue determinar las áreas con más bajo cumplimiento e implementar acciones, por ello, no era importante considerar que el establecimiento en su conjunto obtuvo una calificación de 82%. El siguiente paso fue evaluar a lo largo de las 4 observaciones las áreas y describir las causas que llevaron al mayor incumplimiento a los requisitos normativos. Por ello en el establecimiento de este estudio al término de las 4 observaciones hechas, al evaluar el establecimiento según áreas de procesamiento, se

identificó que tanto Pelado (74.3%), Bacheo (76.7%) y Embutido (76.7%) fueron las áreas que presentaban mayor grado de NC (Figura 1).

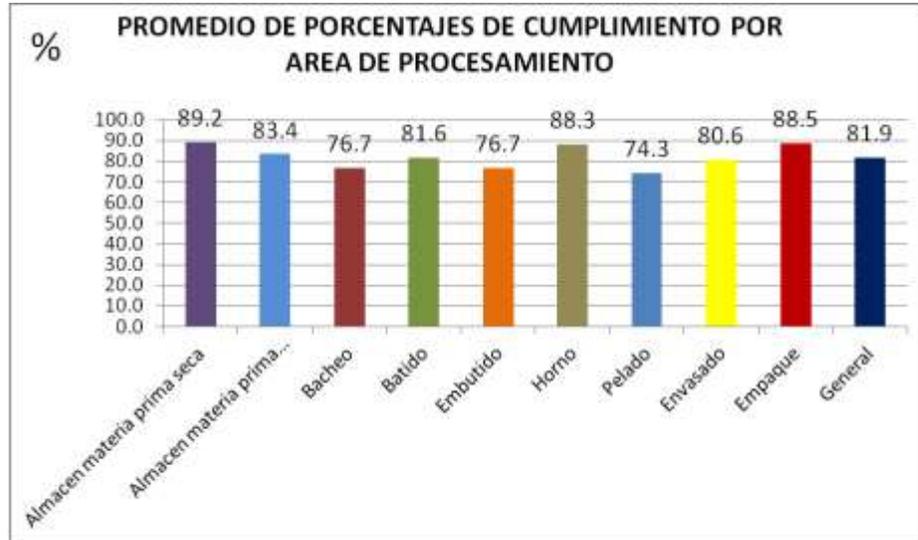


Figura 1. Promedio de porcentajes de cumplimiento obtenidos en cada área de procesamiento

Estas NC se explican debido a que el área bacheo es el primer sitio de manipulación-contaminación de materias primas; mientras que el área de embutido es donde el manejo de residuos es el rubro de mayor problema y segundo sitio de posible contaminación, además de ser la primer área donde el contacto del manipulador directamente con el producto es mayor. Finalmente, el área de pelado es el sitio donde el control de operaciones y el almacenamiento del producto puede representar un riesgo de contaminación de producto en la planta procesadora.

Cuando se determinó el rubro donde se presentaron mayor número de NC por falta de cumplimiento al requisito normativo por área, se obtuvo que las áreas de bacheo muestran mayores deficiencias en el rubro de control de operaciones (60.9%), manejo de residuos (71.9%) y mantenimiento-limpieza (73.2%) y personal (73.4%). El área de embutido presentó los rubros de manejo de residuos (50%), servicios (66.7%), almacenamiento (71.9%) y mantenimiento-limpieza (73.4%) con menor grado de cumplimiento. Asimismo, los rubros

de almacenamiento (60%), servicios (68.3%), control de operaciones (68.8%) y personal (71.1%) son los que requieren mayor atención en el área de pelado (cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio de porcentajes de cumplimiento por rubro en las tres áreas de menor cumplimiento en la planta procesadora

RUBRO	BACHEO (%)	EMBUTIDO (%)	PELADO (%)
Instalaciones	80.8	79.7	74.3
Equipo y Utensilios	80.4	77.8	79.2
Servicios	75.0	66.7	68.3
Almacenamiento	81.3	71.9	60.0
Control Operaciones	60.9	93.8	68.8
Mantenimiento y Limpieza	73.2	73.4	71.9
Control Plagas	93.8	100.0	100.0
Manejo de residuos	71.9	50.0	75.0
Personal	73.4	77.1	71.1

Nota: Valores de **80 a 100%** que fueron considerados de cumplimiento total. Valores entre **75 a 79.9%** que fueron considerados de cumplimiento mínimo exigible. Valores menores a **74.9%** fueron consideradas de No Cumplimiento (NC).

Estos rubros de menor porcentaje de cumplimiento coinciden con lo planteado por la FAO en el 2006⁵, específicamente para el caso de elaboración de salchichas donde se menciona la importancia del control de materias primas, tiempos, orden de formulación, temperatura, almacenamiento (en cada etapa que sea necesario) y por supuesto la higiene, limpieza y mantenimiento tanto de equipos y utensilios como del personal que tiene contacto en cualquier fase del procesamiento, desde materias primas hasta el producto terminado para mantener la inocuidad del producto, esto es acorde con lo descrito por la SAGARPA¹⁵ en donde sugiere los requisitos que debe cumplir un procesador de productos cárnicos, como lo son las salchichas.

Una vez que se han identificado las zonas y los rubros específicos de incumplimiento, se deberán proponer las acciones e implementar las correcciones que eliminen la no conformidad detectada, sus efectos visibles actuales; así como realizar acciones correctivas

que eliminen la causa de la no conformidad detectada, con el fin de evitar también su aparición futura y en su caso realizar acciones preventivas, que eliminen la causa de una no conformidad potencial en procesos similares⁸.

Aun cuando esto pueda ser implementado, es necesario elaborar un análisis de recursos necesarios para solventar las NC, ya que los propietarios están conscientes de las deficiencias, sin embargo no siempre se cuenta con todos los recursos para corregir las causas de las NC, ya que les demandan tiempo, dinero y esfuerzo, por ello, también se deberá priorizar en ejecutar acciones en donde los incumplimientos a los requisitos normativos resulten críticos para el consumidor, en primer instancia y si los recursos lo permiten, continuar con las demás acciones de acuerdo a su grado de relevancia en la inocuidad.

Con respecto a lo anterior, en nuestro estudio cabe destacar que las acciones correctivas para eliminar las causas de las NC, deberán ser implementadas sobre todo en el área de pelado, ya que posterior a esta etapa, las salchichas ya no recibirán un tratamiento térmico que garantice que se eliminarán los agentes de contaminación agregados. Como se puede observar el objetivo de la auditoría de cumplimiento de los requisitos sanitarios que indica la normativa debe ayudar al propietario del establecimiento a encontrar las causas de las NC y después de hacer un análisis de los hallazgos, definir las acciones que deberán ser implementadas para mejorar el producto destinado al consumo⁸. Por lo tanto, una no conformidad (NC) se caracteriza porque impide claramente que el producto o servicio cumpla con los requisitos de calidad especificados y/o porque afecta a la satisfacción de algún grupo de interés relevante⁸, y como se observó en nuestro estudio, las no conformidades se deben uno de los siguientes motivos:

- a. Falta documentación del sistema
- b. El establecimiento no aplica alguna parte del Sistema de Calidad en la Gestión
- c. Algún departamento o área del establecimiento no ha implementado el Sistema de Calidad
- d. Se encontraron tres o más no conformidades menores, de impacto limitado o puntual, en un mismo requisito

Para conseguir este propósito es importante la actitud positiva de la Organización y su autocrítica sincera y constructiva⁸.

A largo plazo, el establecimiento procesador de alimentos, sus clientes (consumidores) y la entidad que audita (verificador sanitario de la Secretaría de Salud-SSA o del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-SENASICA) se benefician cuando se realizan las auditorias de cumplimiento a los requisitos normativos cuando se persigue como fin la inocuidad de los alimentos que se destinan al consumo humano, considerando que los procesadores son los responsables de garantizar esta característica implícita en sus productos¹⁵.

Los resultados hasta ahora muestran que aun cuando el establecimiento obtuvo una calificación aceptable (82%) en el cumplimiento normativo, las contaminaciones de los productos pueden presentarse debido a otros factores tales como el control de las operaciones de procesamiento (manejo y control de tiempos, temperaturas, entre otras), manejo de residuos en cada parte del proceso, condiciones de almacenamiento, así como el mantenimiento y limpieza que se proporciona tanto a equipo como a instalaciones, sin embargo, se hace necesario priorizar los rubros a fin de garantizar que las acciones implementadas serán efectivas para eliminar las causas de contaminación del alimento.

Por ello considerar que estos NC corresponden a incumplimientos en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y los Procedimientos Operativos Estándar de Sanitización (POES), considerando que el primero es un programa usado para controlar las condiciones de los procesos y procedimientos de operación de alimentos inocuos y cubre los procedimientos relacionados con el uso de instalaciones, recepción y almacenamiento, mantenimiento de equipos, entrenamiento e higiene de los trabajadores, limpieza y sanitización, control de plagas y las devoluciones de producto⁷. El segundo comprende una descripción completa de las actividades específicas necesarias para mantener las instalaciones y utensilios libres de microorganismos patógenos o con microbiota deteriorante minimizada, que consecuentemente previene de la contaminación del alimento cuando entran en contacto con estos equipos e instalaciones, siendo incluidos ambos en el sistema de BPM, pero debido a su importancia frecuentemente los POES son estudiados por separado. Estos procedimientos deben aplicarse de manera permanente, en particular en lo que se refiere a

la higiene de las superficies en contacto con los alimentos^{7,16}. De ahí que el establecimiento encamine sus esfuerzos en implementar acciones correctivas en estos puntos con la finalidad de mejorar las condiciones durante el procesamiento de las salchichas cocida tipo Viena, considerando rigurosamente las áreas consideradas como críticas (pelado, embutido y bacheo, respectivamente).

Una vez descritas e implementadas las medidas correctivas y en su caso, preventivas, es necesario validar la eficacia de los procedimientos empleados para eliminar las causas de las NC. Con ello asegurar que efectivamente se están reduciendo los factores de riesgo en la salchicha y proteger la salud consumidor⁸. Esto es de mayor trascendencia cuando se trata de productos que no recibirán tratamiento térmico apropiado al ser consumidos como es el caso de la forma de consumo de las salchichas cocidas tipo Viena de nuestro estudio.

Conclusiones e Implicaciones

Se identificaron las áreas de bacheo, embutido y pelado como las áreas de menor porcentaje de cumplimiento (mayor número de No conformidades detectadas) en la planta procesadora. Siendo ésta última donde se deberán implementar acciones correctivas inmediatas, ya que posterior a ella, no se cuenta con una etapa donde se podrá eliminar o disminuir a niveles seguros para el consumidor el riesgo de contaminación microbiana. Los resultados obtenidos, le permitirán al empresario y/o gerente de la planta contar con un diagnóstico certero sobre las condiciones en las que es producido el embutido, identificando y evaluando las no conformidades como una herramienta de calidad necesaria para implementar acciones correctivas eficaces y eficientes, en las áreas consideradas como prioritarias y en los rubros prioritarios encontrados, garantizando la inocuidad de las salchichas.

Agradecimientos

Este proyecto de investigación fue financiado parcialmente por la cátedra de Investigación PIAPIC19 “Calidad de los Alimentos” FES-Cuautitlán-UNAM.

Referencias:

1. Bajzik, P., Bobková, A., Bobko, M., Zeleňáková, L., Lopašovský, L. y Čapla, J. (2012). Ratings of the hygienic conditions and verification professional competence employee in common food services. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 1 (February Special issue):717-724.
2. Cetin, O., Kahraman, T. y Buyukunal, S.K. (2006). Microbiological evaluation of food contact surfaces at red meat processing plants in Istanbul, Turkey. *Italian Journal of Animal Science*. 5: 277-283.
3. Ciric, S., Petrović, O. y Milenković, D. (2010). Low-nutrient r2a medium in monitoring microbiological quality of drinking water. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*. 16(1):39-45.
4. Costarrica González, ML. (2001). El sistema de Análisis de peligros y de puntos críticos de control en la industria de alimentos. Algunas limitaciones en su aplicación. *Food, Nutrition and Agriculture Ana* 28: 26-32.
5. FAO-IICA-PRODAR. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *Salchichas Estilo Viena*. FAO. Fichas técnicas. Productos cárnicos. Pp: 6-9. (consultado el 15 de marzo de 2014). En línea: <http://www.fao.org/3/a-au165s.pdf>
6. FAO/OMS. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico*. Estudios de Caso Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Informe técnico sobre ingeniería agrícola y alimentaria. FAO/OMS Vol 6, Roma, Italia.
7. Gomes Da C.A., Agostinho, C.S. y Antun, MMC. (2006). Pré-requisitos para implementação do Sistema APPCC em uma linha de alface minimamente processada. *Ciência y Tecnologia Alimentaria, Campinas*. 26(1):104-109.
8. ISO 22000:2005. NMX-F-CC-NORMEX-IMNC-2007. Sistema de gestión de inocuidad alimentaria. Requisitos.
9. Lisandro-Signorini, M., Sequeira, G.J., Bonazza, J.C., Dalla-Santina, R., Martí, L.E., Frizzo, L.E. y Rosmini, M.R. (2008). Utilización de microorganismos marcadores para la evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias en la producción primaria de leche. *Revista Científica (Maracaibo)*. vol.18, n.2:207-217. ISSN 0798-2259 (consultado el 12 de Agosto de 2015). En línea: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000200013&lng=es&nrm=iso
10. NOM-008-ZOO-1994, Modificación de la norma Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimiento para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 10 de febrero de 1999. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación. México
11. NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 1994. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación. México.
12. NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Productos y servicios. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 01 de marzo de 2010. Secretaría de Salud. México.
13. OMS. Organización Mundial de la Salud (2007). *Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos*. Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria. OMS. Ginebra, Suiza.
14. PROFECO, Procuraduría Federal del Consumidor (2010). PROFECO. Febrero 11 2011.

15. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Elaboración de productos cárnicos. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. SAGARPA (consultado el 12 de enero de 2015) En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx>
16. Schnöller, A. (2006). Pautas para los procedimientos de inspección en animales y carnes en un matadero. Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties. 25(2): 849-860.

CAPÍTULO 12

DETERMINACIÓN DE *Salmonella* spp. EN HAMBURGUESA CON CARNE DE CORDERO ADICIONADA CON OTRAS FUENTES ALIMENTICIAS

Edgar Eduardo Becerra Rojas

María del Rosario Jiménez Badillo

María Zamira Tapia Rodríguez

Georgina Aideé Arias Ramírez

Introducción

En México, la mayor producción de ovinos está concentrada en la zona centro del país y en particular en los estados de México e Hidalgo. El consumo nacional aparente de carne ovina en el país es de 76 mil toneladas que se cubre en un 70% con la producción nacional y el 30% restante con la importación. El mercado tradicional de esta carne es principalmente en los estados de Hidalgo, México, Querétaro, Puebla, Morelos, Tlaxcala y Distrito Federal, siendo generalmente el consumo en forma de barbacoa, con una tendencia a incursionar en el mercado de cortes finos de cordero, lo que genera recortes sin valor comercial y que pueden ser transformados en productos cárnicos para darles un valor agregado.

Desde el punto de vista social, dos fenómenos son observados, la nueva estructura familiar y la crisis económica del país, han influido en el cambio de hábitos de la población que nos lleva a plantear nuevas estrategias en el mercado de la carne ovina y entre ellas, se propone la elaboración de hamburguesa con adición de extensores sin que se comprometa las propiedades tecnológicas del producto. Como producto alimenticio, es necesario cuantificar la carga microbiana que junto con determinaciones fisicoquímicas y sensoriales, ofrecen evidencia objetiva de la calidad integral de este producto cárnico. La ejecución de este estudio forma parte del proyecto 3786/2014/CID, financiado por la SIEA, UAEMex.

Aspectos nutricionales de la carne

La información de nutrientes de carne molida de diferentes especies presentada por la USDA²⁷ se muestra en el Cuadro 1. Se observa que en todas las especies el principal componente de la carne molida es el agua. Variaciones en el contenido de agua se pueden observar debido al pH de la carne, la temperatura de almacenamiento¹⁶ y proceso de cocción de la carne. El contenido de total de lípidos es mayor en la carne de cordero y tiene más ácidos grasos monoinsaturados que la carne de las otras especies. La carne de pavo tiene más ácidos grasos poliinsaturados, seguido por la carne de cerdo. Carrillo et al.⁶ indican que la grasa total no debe proporcionar más del 35% de la energía total diaria y que los ácidos grasos insaturados deben ser la fuente principal de energía aportada por la grasa. La proteína del músculo es la mayor fuente de proteína de alta calidad en la dieta humana²⁸. Desde el punto de vista tecnológico, las proteínas que influyen en la calidad de la carne son la miosina, actina, tropomiosina y troponina. La mioglobina, principal proteína responsable del color de la carne, está presente en tres formas diferentes que se intercambian constantemente en la carne fresca: mioglobina reducida o desoximioglobina, mioglobina oxigenada u oximioglobina, y, mioglobina oxidada o metamioglobina.

El término grasa animal incluye todas las especies de lípidos (triglicéridos, fosfolípidos, esteroides, ésteres de esteroles y otros lípidos). Cuando son expuestos al aire ocurren cambios marcados en el aroma, color y sabor de la carne, que se aceleran con el calentamiento²⁵. Cuanto mayor es el índice de ácidos grasos no saturados, mayor es la probabilidad de oxidación en detrimento de la calidad. En forma general se conoce que el consumo de carnes con alto nivel de ácidos grasos saturados aumenta el riesgo de detección de altos niveles de colesterol en sangre en humanos, siendo causa de afecciones cardíacas y arterioesclerosis, entre otras. Sin embargo, estudios más recientes, han demostrado que es la calidad de la grasa y no la cantidad, lo que condiciona el riesgo de patologías crónicas en el humano⁶; esto sumado a cambios en las preferencias de los consumidores; debido a la atención que el consumidor ha dado a la relación entre la dieta y la salud, existe una creciente preocupación por el contenido de grasa y colesterol de los productos de origen animal¹¹.

Entre las recomendaciones dietéticas que contribuyen a fomentar un estado de salud, está el reducir porcentajes de grasa en productos cárnicos, sin embargo, el contenido de grasa en los productos cárnicos influye en tres características sensoriales: apariencia, textura y sabor. Una revisión de Brewer,³ indica que comparando muestras de carne molida de res con 5 a 30% de grasa, tenían mejor sabor las muestras con 15% de grasa; las muestras con 20% de grasa tenían la mejor textura y se calificaron con más alto grado de satisfacción general y las muestras que tuvieron 30% de grasa eran las más jugosas.

Cuadro 1. Componentes de la carne molida cruda con el 85 % de carne magra

Tipo de carne fresca (molida)	Agua (g)	Proteína (g)	Total lípidos (g)	Ácidos Grasos Saturados (g)	Ácidos Grasos monoinsaturados (g)	Ácidos Grasos Poliinsaturados (g)	Colesterol (mg)
Cerdo	64.7	18.0	16.0	5.4	7.3	2.2	68
Res	65.7	18.5	15.0	5.9	6.6	0.4	68
Pavo	69.7	16.9	12.5	3.4	4.6	3.5	78
Pollo	73.2	17.4	8.1	2.3	3.6	1.5	86
Ovino (cordero)	61.5	17.1	20.7	9.9	7.9	1.1	73

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA (2014)²⁷

En la actualidad, es indispensable la alternativa de nuevas y mejores vías de alimentación, buscando como principal objetivo, el desarrollo de nuevas tecnologías alimentarias para satisfacer las necesidades nutrimentales de la población, ofreciendo productos de calidad con aportes proteicos diarios recomendados. De igual manera se busca que la pequeña agro industria se beneficie al transformar la materia prima en productos de calidad con un costo-beneficio equitativo respecto a la utilización de extensores cárnicos que tienen la propiedad de ser hidrocoloides²⁰. La soya texturizada es el máximo extensor

reconocido en la industria ya que puede absorber de tres a cinco veces su peso en agua y puede sustituir entre 30 y 40% de la carne.

En la antigua Grecia, la hamburguesa, inicialmente se elaboraba de carne de res (*Bos taurus* y *Bos indicus*); se puede considerar que son los vestigios de la fabricación de cárnicos, aproximadamente desde 1,500 a.C., en la época del Imperio Romano y durante la Edad Media¹⁰. Si bien es cierto que anteriormente se conocía el hecho que las clases socio-económicas menos favorecidas eran quienes consumían este tipo de producto, en la actualidad este concepto ha cambiado considerablemente; tanto la calidad del producto como los establecimientos de venta de estos productos han mejorado la percepción del consumidor a tal grado que se ha incrementado el importe de venta de los productos, haciendo que, en determinados lugares, el poder adquisitivo de los comensales sea mayor al que se contemplaba.

Esta acción ha motivado a la industria cárnica a mejorar y ofrecer productos, por un lado a un sector selecto y distinguido, por otro lado continua el sector desfavorecido que requiere de nutrientes diarios que en ocasiones no logra abastecer con la dieta escueta que lleva, es por ello que se busca de nueva materia prima que ayude a brindar las necesidades proteicas a bajo costo a este tipo de sectores, lo anterior de acuerdo a la normatividad correspondiente de etiquetado y envasado.

Hoy en día, la carne moldeada de cualquier especie animal se adapta a cumplir las necesidades organolépticas de una hamburguesa, entre las especies animales podemos encontrar de ave, cerdo, cordero, res. En la elaboración de hamburguesa se utiliza carne picada que se mezcla con condimentos y especias y se pueden utilizar ingredientes no cárnicos como proteína de soya, huevo, harina de cereales, proteína de suero, caseinato, entre otros, para lograr mejorar las propiedades funcionales de la carne como la capacidad de retención de agua y textura^{14,23}.

La reducción de los niveles de grasa en las carnes para hamburguesas altera las propiedades físicas lo que se ve negativamente reflejado sobre sus características organolépticas, generando problemas de aceptabilidad por parte del consumidor. La grasa atrapa los componentes básicos del sabor en los alimentos y los libera mediante mecanismos de transferencia de masa, que presentan alta resistencia en la fase lipídica, en

comparación con la fase acuosa en la cual se desprenden fácilmente. Los lípidos retienen sabores, disminuye la volatilidad de éstos, protegiéndolos contra reacciones químicas que pueden deteriorarlos¹².

El término extensor o dispersante se emplea para describir cualquier componente no cárnico con excepción del agua, sales y especias, que se adicionan en cantidad variable para aumenta la firmeza, mejorar la ligazón, aumentar el volumen o cambiar la composición de los productos¹⁸. El uso de extensores en la industria alimenticia detona a partir de la necesidad por parte de la población en requerir productos nutritivos a bajo costo o accesible a los sectores menos beneficiados pero que requirieren satisfacer las necesidades nutritivas. El importe de las materias primas, para la industria cárnica, representa una importante porción del costo total de la producción. Concretamente elevada para la industria cárnica en la transformación de éstos, se llega a considerar cerca del 75% del total aun empleando materia prima módica.

Lo anterior se ve reflejado en la voluntad de la industria cárnica por mantener o bien por disminuir sus costos se orienta principalmente en la utilización de materias primas alternativas, ya sean materias primas cárnicas más baratas que las tradicionalmente empleadas, o materias primas no cárnicas. Un ejemplo del primer grupo lo sería la carne recuperada mecánicamente de los huesos (MDM por sus siglas en inglés), especialmente la de ave, la más económica de todas las especies. La materia prima no cárnica que se emplean en la elaboración de productos cárnicos, pueden ser materiales proteínicos, tiene como propósito reemplazar una parte de la carne que se emplearía en el producto para aumentar o expandir la cantidad de carne efectivamente empleada, sin sacrificar la aportación proteica y funcional. Es por ello que se les nombra extensores. Por otro lado encontramos los rellenos, llamados así porque únicamente se apropian del lugar físico de la carne, sin cumplir una función ni aporte proteico. Como ejemplo más conocidos se encuentran las féculas de papa y las harinas feculentas como la harina de trigo; también conocidos como material amiláceo.

Con el propósito de mantener los atributos sensoriales en este tipo de producto cárnico, se ha intentado sustituir la grasa por ingredientes no cárnicos. Dependiendo de la zona geográfica y cultural a la que se hace referencia, podemos encontrar distintos

ejemplos de extensores, tal como la harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*), un frijol cultivado en áreas tropicales y subtropicales que se utiliza como alimento por su valor nutricional. Al igual encontramos los que se utilizan como subproductos de ciertos procesos de granos como el caso de la avena, el trigo y otros subproductos de origen animal como es la fibra de res. Respecto al trabajo antes descrito se comprueba, una vez más, que la utilización de un extensor no cárnico como una alternativa ante problemas nutrimentales en la población, situaciones de aceptabilidad de un producto, tecnología aplicada, se conjugan para ofrecer un producto que cumpla y satisfaga necesidades multifactoriales. Desde esta perspectiva económica, el criterio para la utilización de los extensores cárnicos es maximizar las utilidades reduciendo los costos de las materias primas. Así, la máxima proporción alcanzable de un extensor en un producto cárnico dado, está acotada por las diferencias entre las propiedades de la carne y las de los extensores con los que se sustituye².

La industria cárnica ha encontrado que la disminución drástica del contenido de grasa, altera sus características sensoriales y químicas, lo cual crea inconvenientes de aceptabilidad por parte del consumidor¹⁷. La grasa atrapa los componentes básicos del sabor en los alimentos y los libera mediante mecanismos de transferencia de masa, que presentan alta resistencia en la fase lipídica. Los lípidos retienen los sabores, con ello se ve disminuida la volatilidad de éstos y de esta manera los protege contra reacciones químicas que puedan menospreciarlos¹⁹. La capacidad de retención de agua, características sensoriales, reducción de pérdidas por cocción, valor nutritivo, la capacidad y estabilidad emulsificante son peculiaridades de la utilización de extensores cárnicos, dependiendo de las concentraciones de adición que se empleen⁷. Para poder entender cómo funcionan los extensores primero se muestra una clasificación de los embutidos cárnicos que se producen en el territorio mexicano. Si bien estamos hablando del empleo de extensores, automáticamente descartamos los productos artesanales que por su origen no utilizan ningún tipo de aditivo ni extensor para su preparación.

Los embutidos cárnicos se clasifican de la siguiente manera¹:

- Crudos: algunos tipos de chorizo, salami, jamones crudos madurados.
- Crudos adobados: enteros y trozo de una pieza.
- Escaldados: emulsiones cárnicas; salchichas, salchichones, mortadelas
- Cocidos: salchicha tipo Frankfurt, jamón cocido

Por otro lado se contempla a la carne moldeada como aquella que se elabora de recortes de carne que resultan de la obtención de piezas principales y específicas, por acción de la presión se moldea en nuevas piezas de carne. Dentro de esta clasificación es que hallamos a las hamburguesas.

Aspectos de microbiología en la carne

La calidad de la carne integra aspectos de la cadena producción-consumo de alimento (productor, industria, establecimientos comerciales, consumidores), así como aquellos derivados de los cambios en la sociedad (mayor competencia, variación en las preferencias, aumento del número de consumidores, preocupación por la salud, bienestar animal, alimentación, etc.) que afectan significativamente el concepto de calidad de la carne. De acuerdo con Xiong²⁸, la industria cárnica y los consumidores evalúan la calidad de la carne con atributos microbiológicos (frescura, deterioro), químicos (grasa, proteína, humedad), sensoriales (color, terneza, sabor) y tecnológicos (pH, capacidad de retención de agua).

El proceso de elaboración de la hamburguesa implica operaciones de reducción de tamaño de la carne y mezcla de ingredientes, provocando cambios físicos y químicos con efectos deseables o indeseables en el producto cárnico. Las enfermedades transmitidas por alimentos constituyen un importante problema de salud pública debido al incremento en su ocurrencia, la contaminación de los alimentos con patógenos y su persistencia, crecimiento, multiplicación y/o producción de toxinas²⁶, así como el surgimiento de nuevas formas de transmisión, la aparición de grupos poblacionales vulnerables, el aumento de la resistencia de los patógenos a los compuestos antimicrobianos y el impacto socioeconómico que

ocasionan. La incidencia de estas enfermedades es un indicador directo de la calidad higiénico-sanitaria de los alimentos, y se ha demostrado que la contaminación de éstos puede ocurrir durante su procesamiento o por el empleo de materia prima contaminada¹³. Los criterios microbiológicos ofrecen a la industria alimentaria y a los organismos reguladores las directrices para controlar los sistemas de elaboración de alimentos; como criterio microbiológico se puede utilizar la presencia de microorganismos patógenos específicos indicadores de contaminación⁹.

La contaminación de los alimentos de origen animal como la carne, de manera particular la carne molida, se puede ver favorecida por el tipo de nutrientes que contiene, la actividad del agua y el hecho de que proviene de recortes sumamente manipulados, en los cuales existe una gran área superficial, creando condiciones para el desarrollo de microorganismos patógenos como *Salmonella*. El género *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae. *Salmonella* es un microorganismo anaerobio facultativo, bacilos Gram-negativo y oxidasa-negativo.

El género *Salmonella* consta de dos especies, *Salmonella entérica* y *S. bongori*. *Salmonella entérica* es adicionalmente dividida en seis sub especies:

- S. entérica* subsp. *enterica*
- S. entérica* subsp. *salamae*
- S. entérica* subsp. *arizonae*
- S. entérica* subsp. *diarizonae*
- S. entérica* subsp. *hountenae*
- S. entérica* subsp. *indica*

Y de éstas se conoce más de 2,400 serovariedades, las cuales, frecuentemente son aisladas en humanos o en animales. La dinámica de la infección por *Salmonella* es variable y puede ser afectada por el estilo de vida y el comportamiento humano, los cambios en la industria, la tecnología, el comercio y el transporte. Diferentes serovariedades de *Salmonella* se pueden encontrar en el tracto gastrointestinal de diferentes especies animales, tanto domésticas como silvestres⁵.

En México, no se cuenta con estadísticas nacionales de infecciones por *Salmonella*. Con frecuencia, el médico hace un diagnóstico basándose en el cuadro clínico del paciente, pero sin contar con los estudios microbiológicos necesarios para establecer un diagnóstico certero. La falta de un sistema de vigilancia con comunicación entre epidemiólogos, clínicos, y el sector veterinario, así como la falta de infraestructura necesaria, impide que países como el nuestro pueda identificar las principales serovariedades de *Salmonella* en las diferentes clases de alimentos, así como el riesgo que cada una de estas representa para la salud de los seres humanos⁴.

En el año 2000, se publica un estudio en el que los autores dieron a conocer las variaciones de los serotipos de cepas de *Salmonella* aislados en diversos laboratorios públicos y privados de la República Mexicana, así como del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE), en donde se analizan diferentes muestras humanas y no humanas (provenientes de alimentos preparados, carnes, leche, huevo y medio ambiente), y concluyen que los resultados encontrados en México son parecidos a algunos provenientes de otras partes del mundo y la mayoría coinciden en reportar a los serotipos *S. enteritidis* y *S. typhimurium* como los más frecuentes¹⁵.

Se entiende por contaminación cruzada “a la transferencia, directa o indirecta, de bacterias o virus de un producto contaminado a uno no contaminado”²² y la contaminación del equipo, utensilios y manos de los trabajadores puede propagar a *Salmonella* y contaminar las canales; esto puede ocurrir en subsecuente en el manejo, procesamiento, transporte, almacenamiento, distribución y preparación para el consumo⁸.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de *Salmonella* spp. como indicador de calidad microbiológica en hamburguesa con carne de cordero (50%) adicionada con otras fuentes alimenticias (carne de cerdo y extensor). Se emplearon tres tipos de extensores (fibra de res, soya texturizada y fibra de avena) con un total de 15 tratamientos para las tres pruebas, como se indica en el Cuadro 2. La metodología utilizada fue el procedimiento descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos, que incluyó las etapas de pre-enriquecimiento, enriquecimiento selectivo, inoculación en medios selectivos y diferenciales e identificación bioquímica.

La Normatividad indica que para el microorganismo en cuestión la tolerancia es nula, por lo cual no se realizó ningún modelo estadístico, reportando sólo presencia o ausencia del mismo.

Cuadro 2. Composición de los tratamientos, expresado en porcentaje

Materia prima (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
Carne de cordero	100	50	50	50	50	100	50	50	50	50	100	50	50	50	50
Carne de cerdo	-	50	20	20	20	-	50	30	30	30	-	50	10	10	10
Fibra de avena	-	-	30	-	-	-	-	20	-	-	-	-	40	-	-
Fibra de res	-	-	-	30	-	-	-	-	20	-	-	-	-	40	-
Soya texturizada	-	-	-	-	30	-	-	-	-	20	-	-	-	-	40

Todas las muestras se realizaron con la misma concentración de ingredientes para condimentar la carne (Cuadro 3), posteriormente se transportaron debidamente al Laboratorio de Medicina Veterinaria y Zootecnia del mismo centro.

Cuadro 3. Concentraciones de ingredientes agregados para la condimentación de la hamburguesa en las diferentes muestras procesadas

Ingrediente	Concentración (%)
Agua	2.5
Sal común	0.6
Ajo	0.6
Cebolla	0.4
Semilla de mostaza	0.4
Sal cura	0.2
Pimienta negra	0.2
Eritorbato de sodio	0.01
Benzoato de sodio	0.005

Se pesaron asépticamente, 25 g de cada muestra y se procedió a la homogenización en 225 mL de caldo lactosado, se incubó 24 ± 2 h a 35°C . Posteriormente se transfirió 1 mL del crecimiento en dicho caldo a 2 tubos conteniendo 10 mL de caldo selenito cistina y 10 mL de caldo tetrationato respectivamente, éste último adicionado con una solución yodo-yoduro. Se incubaron 24 ± 2 h a 35°C para favorecer el crecimiento de *Salmonella* e inhibir a otras bacterias presentes en las muestras.

Se realizó la inoculación en placas de agar *Salmonella* y *Shigella*, agar Verde Brillante y agar XLD, las cuales se incubaron 24 ± 2 h a 35°C ; posteriormente se examinaron las placas para investigar la presencia de colonias típicas de *Salmonella* spp., lactosa negativas y productoras de H_2S (Imágenes 1-3). También se realizaron tinciones de Gram a las colonias típicas para determinar la presencia de bacilos Gram negativo. Para la identificación bioquímica se utilizaron los ensayos primarios como agar de hierro y triple azúcar (TSI), agar de hierro y lisina (LIA), y las siguientes pruebas complementarias: catalasa, oxidasa, medio MIO, medio OF, agar base urea y agar citrato de Simmons.



Imagen 1. Crecimiento típico de *Salmonella* spp. en Agar Salmonella-Shigella, colonias translúcidas, ocasionalmente opacas. Algunas colonias dan centro negro (Edgar Becerra, CU-UAEM Amecameca, 2015)

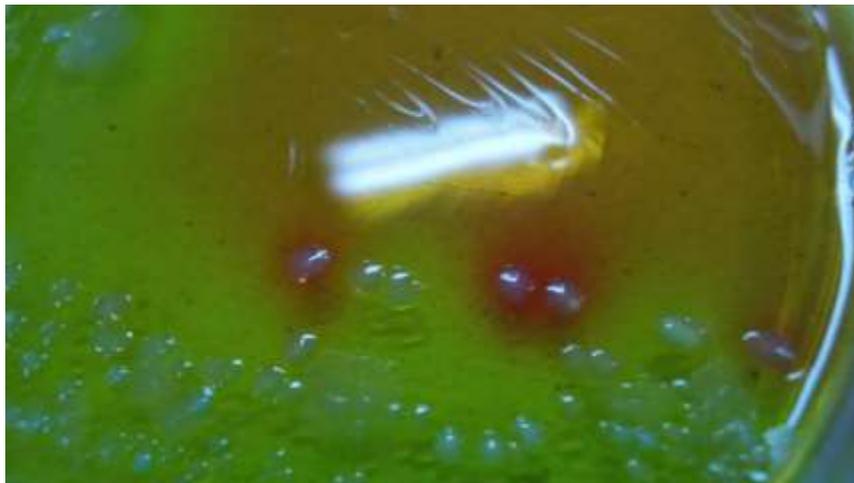


Imagen 2. Crecimiento típico de *Salmonella* spp. en Agar Verde Brillante, colonias rojas o rosas que pueden ser transparentes rodeadas por medio enrojecido (Edgar Becerra, CU-UAEM Amecameca, 2015)

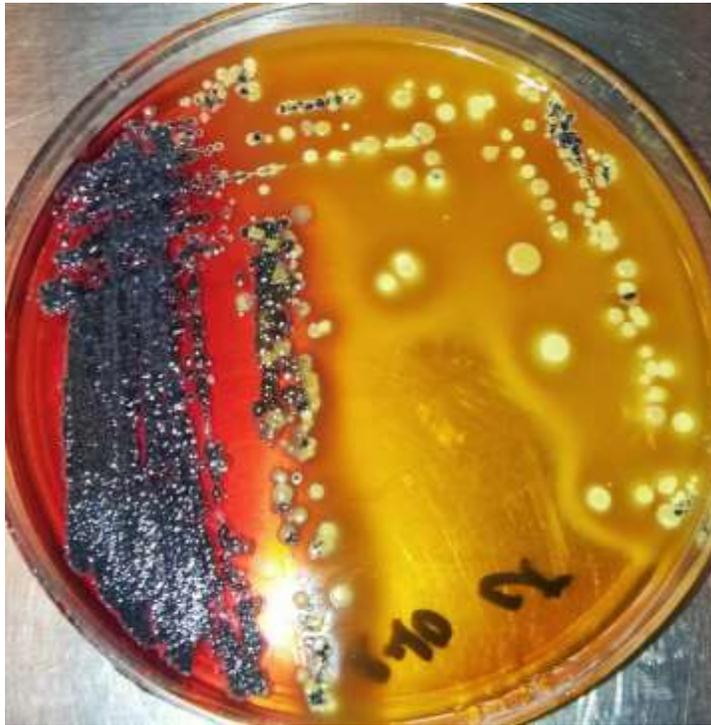


Imagen 3. Crecimiento típico de *Salmonella* spp. en Agar XLD, colonias rosas o rojas que pueden ser transparentes con o sin centro negro. En algunos casos las colonias pueden aparecer completamente negras (Edgar Becerra, CU-UAEM Amecameca, 2015)

La elaboración de las hamburguesas con las diferentes concentraciones en todos sus tratamientos se realizaron en diferentes momentos; el primer lote de muestras, correspondiente a los tratamientos con concentraciones del 30% (Prueba 1), solo en la muestra de 50% cordero y 50% de cerdo, se detectó la presencia de *Salmonella* spp., mediante el empleo de ensayos bioquímicos primarios y complementarios (Imagen 4). La carne de cerdo provino de un rastro particular, donde es posible que haya existido un mal manejo al sacrificio, evisceración, almacenamiento, manipulación y/o transporte.

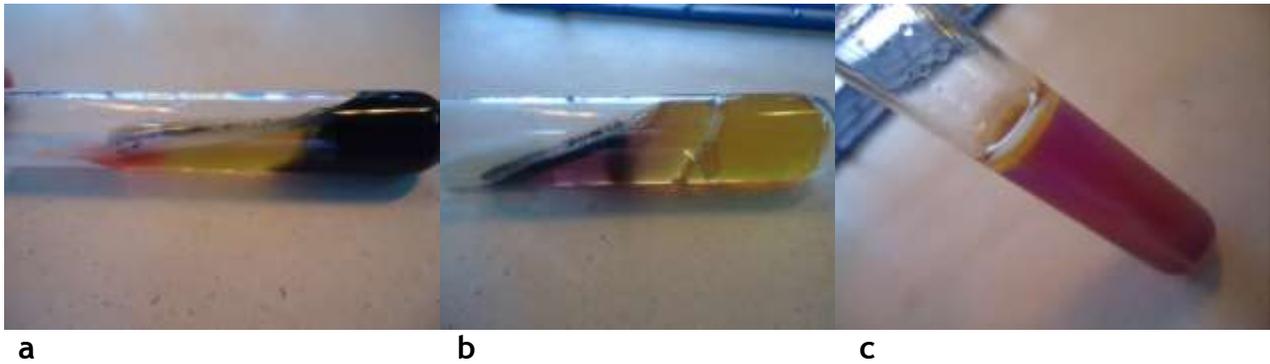


Imagen 4. Algunas de las pruebas bioquímicas empleadas para la identificación de *Salmonella* spp. a: TSI b: LIA c: MIO (Edgar Becerra, CU-UAEM Amecameca, 2015)

Posteriormente se realizaron las pruebas correspondientes para los siguientes tratamientos (concentraciones al 20% (Prueba 2) y 40% (Prueba 3)) empleando la misma metodología, encontrándose la presencia de *Salmonella* spp. en todas las muestras (Cuadro 4). Es un resultado alarmante, dado que por la patogenicidad e importancia en salud pública de *Salmonella* spp. se esperaría mantener la ausencia del microorganismo en cualquier alimento. Rubio et al. realizaron un estudio en el que analizan carne de res de diferentes puntos de venta del país, carnes provenientes del mismo e importadas, en ellas uno de los microorganismos que se buscan es *Salmonella* sp. y como resultado se encontró que la carne importada fue la menos contaminada en comparación con la de origen mexicano, indicando que el uso obligatorio de HACCP, como requisito de United States Department of Agriculture-Food Safety and Inspection Service (USDA-FSIS), es efectivo para la disminución de la contaminación por patógenos en la canal bovina²⁴.

Cuadro 4. Resultados encontrados durante las diferentes etapas realizadas en los tratamientos

Prueba 1 (30%)		Prueba 2 (20%)		Prueba 3 (40%)	
Tratamiento	Resultado	Tratamiento	Resultado	Tratamiento	Resultado
T1	-	T6	+	T11	+
T2	+	T7	+	T12	+
T3	-	T8	+	T13	+
T4	-	T9	+	T14	+
T5	-	T10	+	T15	+

Los peligros biológicos pueden presentarse en cualquier etapa de la cadena alimentaria como consecuencia de errores en los procedimientos de manipulación o de procesado, por lo tanto su rápida corrección y su prevención en el futuro sugiere el empleo de sistemas de aseguramiento de la calidad, el cual debería de ser implementado de manera obligatoria en la industria cárnica de México. Por lo tanto, estos resultados señalan la necesidad de implementación obligatoria de programas preventivos como HACCP en la industria cárnica de México, además de la modificación y actualización de la normatividad mexicana para el aseguramiento de la inocuidad alimentaria, tal es el caso de la NOM-114-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos, en la cual la metodología requerida se basa en pruebas estándar de bacteriología, las cuales tienden a ser costosas, además de requerir demasiado tiempo, en comparación con nuevas técnicas tales como las de origen molecular (PCR), las cuales garantizan una mayor eficiencia en cuanto a tiempo y sensibilidad; sin embargo este tipo de técnicas requieren de equipo más sofisticado y personal capacitado.

Referencias:

1. Alba, C. N., Augusto. A. C., Díaz, M. M.F., Durán, N. E., Durán, R. F., Guerrero K. L. y Durán, N. J. (2008). Ciencia, Tecnología e Industria de los Alimentos. Grupo Latinos Editores. Primera Edición. Pp: 489 - 493.
2. Albarracín, H., W., Acosta, A., L. F. y Sánchez B. (2010). Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolu spp.*). Vitae. 17(3): 264-271.
3. Brewer, M. S. (2012). Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. Meat Science. 91:385-395.
4. Calva, E., Lopez, C. y Mussaret, Z., 2006. Estudios mexicanos sobre Salmonella: epidemiología, vacunas y biología molecular. 48(2): 121-125.
5. Carrasco, E., Morales, A. y García, R. M. (2012). Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: a review. Food Research International. 45: 545-556.
6. Carrillo, F. L., Dalmau, S. J., Martínez, A. J. R., Solá, A. R. y Pérez, J. F. (2011). Grasas de la dieta y salud cardiovascular. Atención Primaria. 43(3):157.e1-157.e16
7. Correia, L. R. y Mittal, G. S. (2000). Functional properties of some meat emulsion extenders. International Journal Food Properties. 3(3):353-361.
8. Ejeta, G., Molla, B., Alemayehu, D. y Muckle, A. (2004). Salmonella serotypes isolated from minced meat beef, mutton and pork in Addis Ababa, Ethiopia. Revue de Médecine Vétérinaire. 155(11): 547-551.
9. Felix, F., Campas, B. y Meza, M. (2005) Calidad Sanitaria de Alimentos Disponibles al Público de Ciudad Obregón, Sonora, México. Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. 6(3). En línea: http://www.respyn.uanl.mx/vi/3/articulos/calidad_sanitaria.htm
10. Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M. y Merkel, R. (1979). Propiedades de la carne. En: Forrest, J. (Ed.). Fundamentos de Ciencias de la Carne. 1ra. Ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp: 36.
11. Fuentes, Z., Monteiro, N., Jucá, S., Nogueira, B. y Silva, B. (2001). Composição centesimal e lipídica de carne de ovinos do nordeste brasileiro. Ciência Rural. 31(4): 691-696.
12. García, O., Ruiz, R. y Acevedo, I. (2012). Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. Revista Científica. XXII(6): 497-506.
13. González, F. y Rojas, H. (2005). Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. Salud Pública de México. 47(5): 388-390.
14. Gujral, S. H., Kaur, A., Singh, N. y Sodhi, S. N. (2002). Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw baked patties from goat meat. Journal of Food Engineering. 53:377-385.
15. Gutiérrez, C., Aguilera, P., Montiel, V. y Gozález A. (2000). Serotipos de Salmonella identificados en los servicios de salud de México. Salud Pública de México. 42(6): 490-495.
16. Huff-Lonergan, E. y Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Science. 71: 194-204.
17. Jiménez C., F. (2000). Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. Trends in Food. Sci. Technol. 11: 56-66.
18. Mendoza, E. y Calvo, C. (2010). Bromatología; composición y propiedades de los alimentos (Primera ed.). México: McGraw Hill. Pp: 318.
19. Meri, A. (2005). Respuestas y adaptaciones cardiovasculares al ejercicio. Fundamentos de fisiología de la actividad física y el deporte. Madrid- España. Editorial Médica Panamericana. Pp: 92-93.

20. Morales, J. (2005). Elaboración de un embutido fermentado utilizando carne de cerdo, de ave y texturizado de soya. Tesis Doctoral. Universidad de la Habana Instituto de Farmacia y Alimento Departamento de Alimentos. Pp: 85-120.
21. Ospina, M., Restrepo, M. y López, V. (2011). Caracterización Microbiológica y Bromatológica de Hamburguesas Bajas en Grasa con Adición de Fibra de Banano Verde Integro. Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. 64(1): 5993-6005.
22. Pérez, R., Valero, A., Carrasco, E., García, G. y Zurera, G. (2008). Understanding and modeling bacterial transfer to foods: A review. Trends in Food Science and Technology. 19: 131-144.
23. Porcella, M. I., Sánchez, G., Vaudagna, S. R., Zanelli, M. L., Descalzo, A. M., Meichtri, L. H., Gallinger, M. M. y Lasta, J. A. (2001). Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: edect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. Meat Science. 57: 437-443.
24. Rubio, L., Martínez, M., Hernández, C., Bonilla, C., Méndez, M., Núñez, E., Echeverry, A., Brashears, M. (2013). Detección de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *Yersinia enterocolitica* en carne de res en puntos de venta en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 4(1): 107-115.
25. Sato, K. y Hegarty, G.R. (1971). Warmed-over flavor in cooked meats. Journal Food Science. 36, 1198-1203
26. Sousa, P. C. (2008). The Impact of Food Manufacturing Practices on Food borne Diseases. Brazilian Archives of Biology and Technology. 51(4): 815-823.
27. USDA. (2014). National Nutrient Database for Standard Reference Release 26. Report Date: February 26. (consultado abril 2014). En línea: <http://ndb.nal.usda.gov/>
28. Xiong, Z., Sun, D-W., Zeng, X-A., y Xie, A. (2014). Recent developments of hyperspectral imaging systems and their applications in detecting quality attributes of red meats: a review. Journal of Food Engineering. 132: 1-13.

CAPÍTULO 13

EVALUACIÓN DEL ALOJAMIENTO COMO INDICADOR DE BIENESTAR EN VACAS LECHERAS

María Guadalupe Torres Cardona

José Isidro Alejos de la Fuente

Javier Piloni Martini

Martín A. Meza Nieto

J. Jesús Germán Peralta Ortiz

Introducción

El incremento de la población humana en el mundo aumenta las necesidades de alimentos de origen animal y como consecuencia se promueve la intensificación de la producción animal, lo que generalmente viola varias de las necesidades de los animales, en particular la posibilidad de vivir de acuerdo a su naturalidad. Sin embargo, cuando los animales son manejados con buenas prácticas ganaderas y considerando el bienestar, no sólo se evita el sufrimiento en los animales, sino que además es posible hacer más eficiente la producción. Incorporar aspectos de bienestar en el manejo de los animales de granja, implica que se debe preocupar en tener sanos a los animales, bien alimentados, sin dolor y proporcionarles el ambiente necesario para que expresen su comportamiento norma¹⁸.

En la actualidad, el sector lechero nacional atraviesa por una situación multifactorial adversa en la que la productividad del hato se encuentra disminuida, por lo que es necesario ofrecer al productor nuevas herramientas que le ayuden a hacer más eficiente su unidad de producción. El bienestar animal constituye una herramienta real de mejora para la producción pecuaria y se define como “el estado de un individuo en sus intentos por mantenerse en equilibrio con su ambiente”⁴; además es un tema que actualmente ha tomado auge a nivel mundial, sobre todo por sus repercusiones éticas, productivas, económicas y comerciales, y en los últimos años ha sido tema de investigación con el objeto, entre otros, de desarrollar métodos para evaluarlo a nivel de granja, que permitan

a los productores identificar focos rojos que lo disminuyen y aplicar estrategias de mejora, aumentando la productividad, la inocuidad de los alimentos producidos y la calidad de vida de los animales^{1,17}.

El concepto de Bienestar Animal tiene que ser definido de tal forma que pueda ser evaluado científicamente, para esto, diversos autores han propuesto una definición a este término, aunque utilizan palabras diferentes y énfasis en ciertos aspectos, su enfoque no se sale del contexto. Broom³ indica que “el bienestar de un animal es su estado en cuanto a sus intentos para afrontar su entorno”. Por lo tanto, no solo incluye el estado físico, mental, salud, etc., al momento; también la facilidad o dificultad para hacer frente al desafío. El bienestar animal está relacionado con la habilidad de hacer frente a su ambiente, esto incluye el alojamiento, condiciones climatológicas, densidad de animales, estado nutricional, sanitario y sus sentimientos¹⁴. También se indica que “el bienestar animal es el esfuerzo del animal para adaptarse al ambiente”⁷.

Para aplicar el concepto de bienestar animal, se debe tener en cuenta que el ganado ha evolucionado de pastar en forma libre a condiciones de sistemas en estabulación, con pisos de concreto, cubículos, alimentación con granos refinados, entre otros. Todos estos cambios pueden determinar cuáles son las condiciones y desafíos más probables para el bienestar animal en bovinos lecheros. Un animal vive con bienestar cuando está sano, cómodo, bien alimentado, seguro, tiene la posibilidad de expresar comportamientos innatos, (sobre todo para los cuales presenta gran motivación) y no padece de estados afectivos negativos como dolor, estrés, miedo, ansiedad¹⁶.

El Bienestar Animal integra tres factores⁶:

- 1) **Funcionamiento biológico:** Disminución de enfermedad y lesiones, aumento en tasas de crecimiento e índices reproductivos, disminución en las tasas de mortalidad.
- 2) **Estados afectivos:** Ausencia de dolor, hambre, miedo, estrés.
- 3) **Naturalidad:** Posibilidad de expresar el comportamiento normal.

Los animales pueden encontrarse en tres situaciones según los niveles de adaptación:

- ❖ En primer lugar, si la adaptación al ambiente es imposible, el animal morirá o enfermará; en consecuencia, la mortalidad y la incidencia de enfermedades y lesiones causadas por el ambiente son indicadores de falta de bienestar.
- ❖ En segundo lugar, la adaptación al ambiente puede ser posible pero suponer un coste biológico importante para el animal. Dicho coste es consecuencia normalmente de una respuesta de estrés intenso o duradero que afecta negativamente al crecimiento, reproducción, producción de leche o función inmunitaria.
- ❖ En tercer lugar, un animal puede encontrarse en un ambiente adecuado en el que la adaptación sea no solo posible sino también fácil, de modo que no suponga ningún coste biológico para el animal. En este caso el bienestar del animal sería satisfactorio.

Para que en un hato lechero se produzca leche de buena calidad, deben satisfacerse las necesidades de bienestar de los animales. Los animales tienen necesidades básicas que son esenciales para su vida, pero para un bienestar adecuado, existen necesidades que, aunque no son esenciales para la sobrevivencia, mejoran sus condiciones de vida y con ello también su productividad². Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar variables del alojamiento como indicadores de bienestar de vacas lecheras utilizando parcialmente el protocolo propuesto por Welfare Quality®, en el Estado de Hidalgo, México.

Material y Métodos

I. Localización

Esta investigación se realizó en siete municipios del Valle de Tulancingo, ubicado en el estado de Hidalgo, México. Se evaluaron aproximadamente 5,000 vacas en producción, de la raza Holstein, en 75 unidades de producción, utilizando parcialmente la metodología propuesta en el protocolo de la Welfare Quality® (2009).

II. Protocolo propuesto por Welfare Quality

Después de un amplio debate entre consumidores, científicos y legisladores, Welfare Quality® (2009) definió 4 principios de bienestar animal: buen alojamiento, buena alimentación, buena salud y comportamiento apropiado. Dentro de estos principios, se identificaron 12 criterios de bienestar animal, diferentes pero complementarios entre sí; éstos se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principios, criterios y medidas para la evaluación de bienestar animal en vacas lecheras

1. ALIMENTACIÓN ADECUADA	1.1 AUSENCIA DE HAMBRE PROLONGADA	Condición corporal No. de pesebres Área por animal en pesebre
	1.2 AUSENCIA DE SED PROLONGADA	No. de bebederos Espacio de bebedero/cabeza Suministro/funcionamiento de bebederos Limpieza de agua
2. ALOJAMIENTO ADECUADO	2.1 CONFORT EN RELACIÓN AL DESCANSO	Tiempo requerido para echarse Facilidad para echarse (en relación a las instalaciones) Limpieza de ubres, flancos/muslos, piernas, patas
	2.2 CONFORT TÉRMICO	Hasta el momento, ninguna medida se ha desarrollado (jadeando)
	2.3 FACILIDAD DE MOVIMIENTO	Densidad animal en los corrales (área vital, área social) Acceso a áreas al aire libre Acceso al pasto
3. SANIDAD ADECUADA	3.1 AUSENCIA DE LESIONES	Presencia de cojeras severas o muy severas Lesiones por golpes derivado de instalaciones inadecuadas o por mal manejo
	3.2 AUSENCIA DE ENFERMEDADES	Tos, descarga nasal, enfermedades oculares, respiración con dificultad, descarga vulvar, conteo de células somáticas en leche, mortalidad, distocia, vacas caídas, etc.
	3.3 AUSENCIA DE DOLOR CAUSADO POR MANEJO	Descorné, corte de cola, retiro de tetas supernumerarias, limpieza y desinfección, eutanasia
4. COMPORTAMIENTO ADECUADO	4.1 EXPRESIÓN DE COMPORTAMIENTO SOCIAL ADECUADO	Comportamientos agonistas
	4.2 EXPRESIÓN ADECUADA DE OTRAS CONDUCTAS	Acceso a pastos
	4.3 RELACIÓN HUMANO-ANIMAL POSITIVA	Zona de fuga
	4.4 ESTADO EMOCIONAL POSITIVO	Valoración cualitativa del comportamiento

Extraído de Welfare Quality®, 2009

En la práctica, el sistema de evaluación desarrollado por los investigadores de Welfare Quality® mide cada uno de estos 12 criterios en siete especies de producción: vacas lecheras, vacas para carne, terneros de engorda, cerdas reproductoras, cerdos de engorda, gallinas ponedoras y pollos de engorda. Actualmente, estos sistemas de evaluación se han probado en más de 700 granjas de nueve países europeos, desde el Reino Unido hasta la República Checa, desde Suecia hasta España y también en algunas granjas de América Latina.

Los investigadores reconocieron que los mejores protocolos de evaluación procedían de la observación directa de los animales. Para cada una de las especies de producción, se identificaron entre 30 y 50 medidas diferentes basadas en el animal, para así comprobar la conformidad con los 12 diferentes criterios aplicados a granjas y rastros. Basándose en la bibliografía científica o en los proyectos de investigación llevados a cabo por los científicos de Welfare Quality®, estas medidas fueron evaluadas para asegurar su precisión a la hora de reflejar el bienestar real del animal. Además, cada medida es suficientemente clara para permitir una evaluación rápida y precisa después de un corto período de entrenamiento. La fácil implementación en condiciones prácticas es clave para los usuarios de estos sistemas. Puesto que los animales se alojan en ambientes muy diferentes, es importante que las medidas sean aplicables en todos los sistemas.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las medidas desarrolladas por Welfare Quality® se basan en el animal, un asesor podría evaluar el nivel de bienestar animal observando directamente al propio animal, independientemente de cómo y de dónde éste se aloje. Las heridas, evaluadas mediante la valoración del estado del animal en la granja o en el rastro, son un ejemplo de este tipo de medidas. Debido al tamaño de los grupos, al tiempo limitado y a otros factores, no ha sido posible utilizar siempre medidas basadas en el animal. En estos casos, se han utilizado medidas basadas en los recursos o la gestión. Por ejemplo, la ausencia de sed prolongada es difícil de medir basándose en el aspecto o en el comportamiento del animal, pero una alternativa aceptable es fijarse en el número de bebederos accesibles.

Las medidas se evaluaron en base a tres criterios: la validez (mide lo que pretendemos medir), la repetibilidad (varios observadores generan el mismo resultado), la

viabilidad (es posible utilizar la medida teniendo en cuenta las limitaciones de un sistema de evaluación práctico, ej. su duración).

Para garantizar que estos sistemas fuesen prácticos, los científicos tuvieron que encontrar un modo en el que todos los criterios importantes pudiesen ser evaluados por un número de asesores entrenados que obtuviesen resultados similares. En un principio, se desarrollaron sistemas de evaluación “completos”. Éstos contenían tanto medidas basadas en el animal, como mucha información sobre los recursos y la gestión de la granja. Se requería aproximadamente un día para recopilar toda esta información. Sin embargo, una vez analizadas completamente las medidas del sistema de evaluación, los investigadores pueden seguir un enfoque más práctico, reduciendo la evaluación mediante un sistema que podría ser completado en un tiempo mucho más corto, considerando todavía los 12 criterios de bienestar animal. Un planteamiento similar se ha utilizado para desarrollar sistemas de evaluación en rastros.

Para completar estos sistemas, Welfare Quality® ha colaborado con un instituto independiente de estandarización para crear la primera serie completa de protocolos europeos para la evaluación del bienestar de los animales de producción. Estos protocolos pueden utilizarse, no solamente para evaluar el bienestar de los animales, sino también para proporcionar comentarios, consejos y apoyo a los productores, ayudándoles de ese modo a beneficiarse de mercados con un mayor valor añadido. Además, proporcionarán una información clara y fiable a los comerciantes y consumidores sobre el bienestar de los animales de los que fueron derivados sus productos.

En éste capítulo solo se presentan resultados parciales obtenidos utilizando algunos criterios y medidas incluidas en el protocolo de la Welfare Quality®, que se describen a continuación.

III. Variables de respuesta

1. Variables que evalúan la conducta de reposo con relación al alojamiento

a) Tiempo requerido para echarse

Se consideraron todos los movimientos observables necesarios para echarse. El conteo de tiempo inició cuando una articulación del carpo se inclina y baja, y terminó cuando el cuarto trasero del animal ha caído. El tiempo en segundos se registró individualmente, y cada vaca se clasificó en uno de tres rangos: tiempo menor a 5.2 segundos, considerado como el rango normal; tiempo entre 5.3 y 6.3 segundos, considerado como un problema moderado; y tiempo mayor a 6.3 segundos, considerado como un problema grave; posteriormente se calculó el porcentaje de vacas en cada rango.

b) Porcentaje de vacas que colisionan al momento de echarse

Una colisión se define como el contacto que ocurre cuando cualquier parte del cuerpo de la vaca choca con alguna parte de la instalación, u otro animal, al momento de echarse. Considerando lo anterior, se registró la colisión al momento de presentarse cuando la vaca se echa, calculando posteriormente el porcentaje de vacas que colisionaron al momento de echarse.

c) Porcentaje de vacas que descansan parcial o totalmente fuera de la zona de descanso

Se cuantificó el número de animales que estaban echados y cuántos de ellos lo hacían con su cuarto trasero en el borde del echadero o completamente fuera del mismo. En unidades de producción donde no existían cubículos o echaderos individuales, se consideraron características inadecuadas del lugar donde las vacas se echaban, tales como pisos mojados, con piedras, con exceso de excremento, entre otras. Posteriormente se calculó el porcentaje de animales echados parcial o totalmente fuera del echadero y en pisos inadecuados.

2. Variables que evalúan la limpieza corporal con relación al alojamiento

La limpieza se define como el grado de suciedad, y se considera como mínimo una capa de suciedad del tamaño de la palma de la mano o más de la mitad de la zona en

cuestión para considerarla como sucia; las partes consideradas fueron patas traseras, flancos y ubres. Para realizar esta evaluación, se observó a cada animal por ambos lados y por detrás, calculando posteriormente:

- a) porcentaje de vacas sucias de las patas traseras,
- b) porcentaje de vacas sucias de los flancos y
- c) porcentaje de vacas sucias de las ubres.

Resultados y Discusión

El protocolo de la Welfare Quality® (2009) muestra los parámetros aceptables a cumplir para que el alojamiento no constituya un problema de bienestar en las vacas lecheras, así como valores que significan problemas moderados o graves, los cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros de evaluación del principio “Alojamiento adecuado”¹⁹.

CARACTERÍSTICA EVALUADA	CLASIFICACIÓN		
	Normal	Problema Moderado	Problema grave
Tiempo necesario para echarse (s)	< 5.20 S	5.20 a 6.30 S	> 6.30 S
Porcentaje de vacas parcial o totalmente fuera del echadero	<3%	3% a 5%	> 5%
Porcentaje de vacas que colisiona al momento de echarse	<20%	20% a 30%	> 30%
Porcentaje de vacas con patas traseras sucias	<20%	20% a 50%	>50%
Porcentaje de vacas con ubre sucia	<10%	10% a 19%	> 19%
Porcentaje de vacas con flancos sucios	<10%	10% a 19%	> 19%

(s): segundos

De acuerdo a la comparación de los resultados encontrados en esta investigación y los parámetros indicados en el protocolo de la Welfare Quality® (2009), se encontró que respecto al tiempo necesario para echarse, el 26% de las vacas evaluadas necesitaron para echarse un tiempo promedio menor a 5.2 segundos, considerado como el tiempo promedio normal que una vaca necesita para echarse; sin embargo, se encontró que el 67 % de las vacas necesitaron entre 5.2 y 6.3 segundos, lo que se considera como un problema moderado; y el 7 % de las vacas necesitaron más de 6.30 segundos, lo que se considera como un problema grave. Se encontró también que el 100 % de las vacas evaluadas se echan total o parcialmente fuera del echadero en unidades de producción que cuentan con echaderos individuales, o en lugares inadecuados, lo que denota un problema grave de diseño y espacio de los cubículos, así como pisos generalmente mojados, con piedras, con exceso de excremento, etc., respectivamente.

Se encontró también que el 30 % de las vacas que se echaron, colisionan con alguna instalación (tubos, bardas, etc). La colisión de las vacas cuando se echan puede ocasionarles lesiones en diferentes partes del cuerpo. Cuando la vaca se echa, no debe colisionar con ningún objeto o estructura; si la vaca colisiona al momento de echarse, ésta preferirá echarse con menor frecuencia, lo que disminuirá el tiempo de descanso o provocará lesiones en el cuerpo. Respecto a la limpieza de las vacas, se encontró que el grado de suciedad en las tres áreas corporales que se evaluaron constituye un problema grave, ya que el 97 % de las vacas presentaron suciedad en las patas traseras, 76 % suciedad en las ubres y 85 % suciedad en los flancos (Cuadro 3).

Los resultados encontrados en esta investigación respecto a la evaluación del alojamiento son el reflejo de que los espacios destinados para que las vacas se echen y descansen no son apropiados, ya que los porcentajes encontrados de: vacas que tardan más tiempo del normal en echarse; vacas echadas parcial o totalmente fuera del echadero; vacas que colisionan al momento de echarse; vacas con patas traseras sucias; vacas con ubre sucia y vacas con flancos sucios, fueron valores que constituyen problemas graves, según lo sugerido por el protocolo de la Welfare Quality® (2009).

No obstante lo anterior, una de las claves del bienestar de una vaca lechera es que ésta pueda permanecer descansando el mayor tiempo posible; el alojamiento inadecuado ocasiona que a la vaca le lleve más tiempo en echarse, y que permanezca echada menos tiempo que el necesario; la disminución en el tiempo de descanso puede incrementar el porcentaje de vacas con mastitis y con problemas de cojeras, padecimientos que disminuyen en gran medida el bienestar de las vacas, lo que finalmente repercute en la productividad del hato; adicionalmente, la falta de descanso se ha relacionado con la disminución en el consumo de materia seca, por lo que no debe existir nada que impida o afecte el número de horas que la vaca dedique a descansar.

Cuadro 3. Resultados de la evaluación del Principio Alojamiento Adecuado

CARACTERÍSTICA EVALUADA	PROMEDIO ENCONTRADO	CLASIFICACIÓN
Tiempo necesario para echarse (s)	<5.2 s, el 26% de las vacas	Normal
	5.2 a 6.3 s, el 67% de las vacas	Problema moderado
	>6.30 s, el 7% de las vacas	Problema serio
Porcentaje de vacas parcial o totalmente fuera del echadero	100 %	Problema grave
Porcentaje de vacas que colisiona al momento de echarse	30 %	Problema grave
Porcentaje de vacas con patas traseras sucias	97%	Problema grave
Porcentaje de vacas con ubre sucia	76 %	Problema grave
Porcentaje de vacas con flancos sucios	85 %	Problema grave

(s): segundos

El siguiente cuadro muestra como la vaca divide las 24 horas del día para realizar diferentes actividades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tiempo aproximado que las vacas dedican a diferentes actividades⁹

ACTIVIDAD	Tiempo dedicado (horas al día)
Comer	3 a 5 h (9 a 14 visitas)
Estar echada (descansando)	12 a 14h
Interacciones sociales	2 a 3 h
Rumiar	7 a 10 h
Beber	30 min
Ordeña (proceso completo)	2.5 a 3.5 h

Tal como se muestra en el cuadro 4, la vaca dedica la mayor cantidad de tiempo para estar echada y descansar; sin embargo, una vaca que esté echada no necesariamente está descansando; el lugar de descanso de las vacas, ya sea en cubículos (echaderos), asoleadero o algún otro lugar, debe estar en condiciones adecuadas para que la vaca este en confort y relajada. Las vacas tienen una alta motivación para descansar, y aunque prefieren hacerlo en un lugar confortable, si éste no existe, se echarán donde puedan, aunque no estén cómodas, y por consiguiente, estén en estrés continuo.

Estudios han demostrado que la producción de leche es mayor cuando las vacas están echadas un mayor tiempo. El flujo de sangre de la arteria pudenda externa aumenta alrededor de 24 a 28% cuando está echada en comparación que cuando está de pie, por lo que hay mayor irrigación sanguínea, mayor llegada de nutrientes a la ubre y como resultado, mayor producción láctea^{12,15}. Se aumenta de 0.937 a 1.587 Kg de leche por cada hora adicional que la vaca este echada¹⁰.

El consumo voluntario de materia seca de las vacas en el periparto es uno de los grandes retos que enfrenta el productor lechero. Al respecto, se sabe que el tiempo que las vacas dedican a descansar y a comer está muy relacionado; menor tiempo de descanso implica una menor actividad en el comedero. Se ha observado que las vacas reducen el

tiempo de ingestión de alimento hasta 30 minutos por cada hora adicional que se ven obligadas a estar de pie. Las vacas tienen una fuerte motivación a echarse y descansar. En un estudio, restringió de manera experimental a bovinos lecheros por tres horas, sin comida y sin posibilidad para echarse; cuando se terminó el período de restricción de comida y de descanso, se permitió a las vacas elegir entre comer o echarse, y como resultado se encontró una fuerte tendencia a descansar y después a comer¹³.

El grado de suciedad encontrado en las diferentes regiones corporales de las vacas evaluadas, indican que existe un problema grave; al respecto la suciedad en las diferentes regiones anatómicas podrían proporcionar información útil para ayudar a la identificación de la fuente de problemas de higiene; la suciedad en las patas resulta de la alta concentración de lodo o estiércol en los caminos o en el establo; mientras que la suciedad en los flancos refleja el estado de los echaderos y por último la suciedad de la ubre resulta de la combinación de todos estos factores¹¹. La suciedad en las ubres puede incrementar la incidencia de mastitis, patología que disminuye significativamente el bienestar de las vacas lecheras, y que además es uno de los principales factores que causan el desecho del animal^{5,8}.

Conclusiones e implicaciones

Los resultados encontrados en esta investigación respecto a la evaluación del alojamiento son el reflejo de que los espacios destinados para que las vacas se echen y descansen no son apropiados, no obstante que una de las claves del bienestar de una vaca lechera es que ésta pueda permanecer descansando el mayor tiempo posible; el alojamiento inadecuado ocasiona que a la vaca le lleve más tiempo en echarse, y probablemente permanezca echada menos tiempo que el necesario; puede ocasionar también incremento en el porcentaje de vacas con mastitis y con problemas de cojeras, padecimientos que disminuyen en gran medida el bienestar de las vacas, lo que finalmente repercute en la productividad del hato; adicionalmente, la falta de descanso se ha relacionado con la disminución en el consumo de materia seca, por lo que no debe existir nada que impida o afecte el número de horas que la vaca dedique a descansar.

En los últimos 20 años, la percepción de la producción animal ha cambiado desde una ciencia animal basada en el incremento de la productividad hacia una productividad basada en el respeto al bienestar animal. Estos adelantos en el ámbito de la producción, salud y bienestar animal han estado asociados a cambios de la percepción de los animales por las personas, sobre todo en relación a sus necesidades; los animales son afectados positiva o negativamente según el manejo que se les realiza. De esta forma, el éxito de la empresa lechera dependerá de la satisfacción de las necesidades básicas de los animales, es aquí donde radica la importancia de la evaluación del bienestar animal en las granjas lecheras.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo de la Fundación Hidalgo Produce A.C., ya que la realización del presente proyecto fue financiada por dicha institución con recursos del componente de Innovación y Transferencia de Tecnología de los programas de la SAGARPA, en su convocatoria 2013.

Referencias:

1. Arraño, C., A. Baez, E. Flor, H.R. Whay y N. Tadich. (2007). Estudio preliminar del uso de un protocolo para evaluar el bienestar de vacas lecheras usando observaciones basadas en el animal. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 39:239-245.
2. Bennet, A., Bouchard, R., Condrón, R., Dabirian, S., Dornom, H. y Stuardo, L., (2008). Guía para el bienestar animal en la producción lechera de la Federación Internacional de lechería-2008. *Revue scientifique et technique International Office of Epizootics*. 28(3): 1183-1191.
3. Broom, D.M. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*. 142(6): 524-526.
4. Broom, D.M. (2001). Coping, stress and welfare. In: *Coping with Challenge: Welfare in Animals including Humans*. Broom DM (Ed). Dahlem University Press. Berlin. Pp: 1-9.
5. De Palo, P., Tateo A., Zezza, F., Corrente, M. y Centoducati, P. (2006). Influence of free-stall flooring on comfort and hygiene of dairy cows during warm climatic conditions. *Journal of Dairy Science*. 89: 4583-4595.
6. Frasser, D. (2008). *Understanding animal welfare: The science in its cultural context*. Wiley-Blackwell, Oxford. Pp: 13-19.
7. Frasser, D., Duncan, I.J.H., Edwards, S.A., Grandin, T., Gregory, N.G., Guyonnet, V. y Mellor, D.J. (2013). General Principles for the welfare of animals in production systems: The underlying science and its application. *The Veterinary Journal*. 198: 19-27.
8. Galindo, F. y Broom, D.M. (2000). The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science*. 69: 75-79.
9. Grant, R.J. (2006) Incorporating dairy cow behavior into management tools. In: *Penn State Cattle Nutrition Workshop*. Pp: 31-41.

10. Grant, R.J. (2004). Taking advantage of dairy cow behavior: Cost of ignoring time budgets. In Proc. 2003 Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufac. October 21-23. Cornell University. Wyndham Syracuse Hotel. Syracuse, NY.
11. Hughes, J. (2001). A system for assessing cow cleanliness. In Practice. 23: 517- 524.
12. Metcalf, J.A., Roberts, S.J. y Sutton, J.D. (1992). Variations in blood flow to and from the bovine mammary gland measured using transit time ultrasound and dye dilution. Research of Veterinary Science. 53: 59-63.
13. Metz, H.M. (1985). The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. Applied Animal Behaviour Science. 13: 301-307.
14. Phillips, C. (2002) Cattle Behavior and welfare. Second edition. Blackwell Science. Oxford, UK. Pp: 257.
15. Rulquin, H. y Caudal, J.P. (1992). Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. Annales de Zootechnie. 41: 101.
16. Spinka, M. (2006). How important is natural behaviour in animal farming systems. Applied Animal Behaviour Science. 100: 117-128.
17. Tadich, N. (2011). Dairy Cattle Welfare. Colombian journal of animal science and veterinary medicine. 24(3): 293-300.
18. Von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J., de Pasille, A.M. y Weary, D.M. (2009). The welfare of dairy cattle: Key Concepts and the role of science. Journal of Dairy Science. 94: 4101-4111.
19. Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® assesment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.

CAPÍTULO 14

ANÁLISIS DEL BIENESTAR ANIMAL DE UN HATO LECHERO CON BASE EN LA EVALUACIÓN DE LESIONES, INSTALACIONES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA FUNDAMENTADO EN EL NATIONAL DAIRY FARM PROGRAM

Alejandra Jiménez Loarca

Nora Rosalía Flores Huitron

Patricia Mora Medina

Salvador Carlos Flores Peinado

Introducción

El bienestar de un animal definido por Broom⁷, es la capacidad que tiene para afrontar las posibles dificultades creadas por el ambiente en el que se encuentra, en donde es importante tratar de alcanzar tres grandes objetivos: mejorar la salud básica y el funcionamiento biológico de los animales, prevenir el miedo, el dolor y otros estados negativos, y permitir a los animales vivir de la manera para la que están programados genéticamente³. Sin embargo el *Bienestar de la vaca lechera* es un término recientemente incluido en la industria ganadera que en un principio se refería al lugar donde las vacas descansan. Ahora el término incluye todas las áreas ocupadas por las vacas, tanto de día como de noche.

Se cree que los factores negativos en el ambiente, las instalaciones y el manejo causan estrés y este a su vez genera una predisposición a enfermedades, incluidas aquellas que producen claudicación y problemas en miembros¹⁰. Las patologías que causan lesiones podales están entre las enfermedades o alteraciones más dolorosas que afectan a los bovinos, debido a un alto número de terminaciones nerviosas, en particular en la región del bulbo de la suela del pie. Es una frecuencia elevada de vacas con claudicación lo que hace que sea tan importante considerar este signo dentro de los indicadores del bienestar animal¹⁰. El bienestar animal se evalúa observando si los animales reciben una provisión de

una dieta, manejo y alojamiento adecuados y a través de indicadores basados en el animal, tales como ausencia o presencia de enfermedad y comportamiento¹¹.

Las cojeras afectan todos los aspectos del bienestar animal, ya que, dificultan el acceso al alimento y al agua, mantienen una constante incomodidad, y el dolor causado es de larga duración, impidiendo que el animal exprese su comportamiento normal^{8,6}.



Imagen 1. Posición anormal que adopta una vaca lechera debido al malestar ocasionado por la presencia de lesiones en miembros anteriores
(Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)

Estas lesiones están relacionadas con el manejo de los animales, alimentación y genética, además de las condiciones de alojamiento como son: la calidad del piso, distribución de los echaderos, pasillos⁴ y limpieza del corral. Haciendo uso de buenas prácticas ganaderas y cuidando el bienestar no solo se evita que los animales sufran, sino además es posible ganar en productividad, en calidad ética y organoléptica de los productos. La salud del pie de la vaca lechera se considera que es el problema más importante en el bienestar de la ganadería lechera y causa pérdidas económicas para el

agricultor¹. El corvejón y rodillas normalmente en los bovinos, se deben encontrar libres de lesiones e hinchazón.



Imagen 2. Corvejón libre de lesión, foto obtenida en el tiempo de ordeña
(Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)

Idealmente la capa de pelo en el área del corvejón es continua con el resto de la extremidad. Lesiones en la piel pueden llevar a inflamación, incomodidad y cojera. Un método consistente para calificar los corvejones y rodillas en cuanto a hinchazón y pérdida de pelo permite evaluar la necesidad de modificar su manejo de establos y puede ayudarle a evaluar el efecto de los cambios en el manejo¹⁰. Es importante que en las producciones lecheras se realice periódicamente una evaluación de bienestar animal con base a las lesiones, instalaciones y producción láctea, de la cual se obtendrá un diagnóstico y se establecerán parámetros que ayudarán a establecer un mejor manejo de los hatos y posibles cambios de las instalaciones para que el ganado no solo mejore en su bienestar sino que además retribuya en ganancias económicas.

Uno de los objetivos de la investigación científica relacionada con el bienestar de los animales de granja es desarrollar métodos que permitan evaluarlo de una forma objetiva. Ésta es una tarea compleja debido a la falta de un consenso científico en la propia definición de bienestar animal, como ya se ha comentado anteriormente, que sirva de

punto de partida para decidir cómo realizar su evaluación, y a la dificultad para hallar una serie de parámetros o indicadores válidos que permitan medirlo. Estos parámetros, llamados “indicadores del bienestar” deberán cumplir una serie requisitos, ya que deben de ser validados, fiables y viables, ya que como consecuencia deberán permitir evaluaciones que puedan reproducirse, así como su fácil implementación en campo⁵.

Por lo tanto existen diferentes protocolos diseñados para su aplicación en la evaluación del bienestar animal uno de ellos es el protocolo de Welfare Quality® para vacas lecheras, en donde el esquema que dirige su aplicación es un análisis basado en el animal, y que tiene como pilar una idea de bienestar animal integral que aglutina la visión de productores, consumidores e industria⁵. Por otro lado se encuentra el protocolo del Programa Nacional Lechero FARM™ (2010) en donde se detalla la aplicación para el cuidado de los animales incluyendo la salud desde el nacimiento hasta el final de su vida, así como las instalaciones, nutrición, transporte y manejo. Así mismo propone que los resultados de la evaluación aplicada bajo su guía proporcionarán al productor un diagnóstico de la situación y permitirán al mismo desarrollar un plan de acción para la mejora continua.

Para realizar esta evaluación con base al Programa Nacional Lechero FARM™ es necesario lo siguiente:

1. Identificar la problemática en cuanto a la producción de la granja lechera
2. Clasificación homogénea de los animales a evaluar, por ejemplo: Altas, Medianas y Bajas Productoras.
3. Usar un método de evaluación del ganado, como es la propuesta por el Programa Nacional Lechero FARM™ (2010), mediante la *Tabla de evaluación del corvejón para ganado* del Manual de Cuidado Animal.
4. Evaluación de los tipos de pisos y la limpieza de los corrales, clasificando como exceso, moderado o poca presencia de heces.

El método de evaluación propuesto por el Programa Nacional Lechero FARM™ (2010) establece la observación de los miembros anteriores y posteriores, en rodillas y corvejones, asignando grados de lesión.

Material y Métodos

Fueron valoradas 32 vacas lecheras de la raza Holstein Friesian en una granja ubicada en el Estado de México. Las vacas están distribuidas en 3 corrales identificadas por su productividad láctea. Se inspeccionaron a cada individuo los miembros anteriores y posteriores según lo establece el Programa Nacional Lechero FARM™ (2010) haciendo una clasificación de las lesiones encontradas en las patas y su localización. Los datos obtenidos fueron analizados con la prueba de Tukey $P < 0.05$ (Paquete estadístico SPSS® Versión 18).

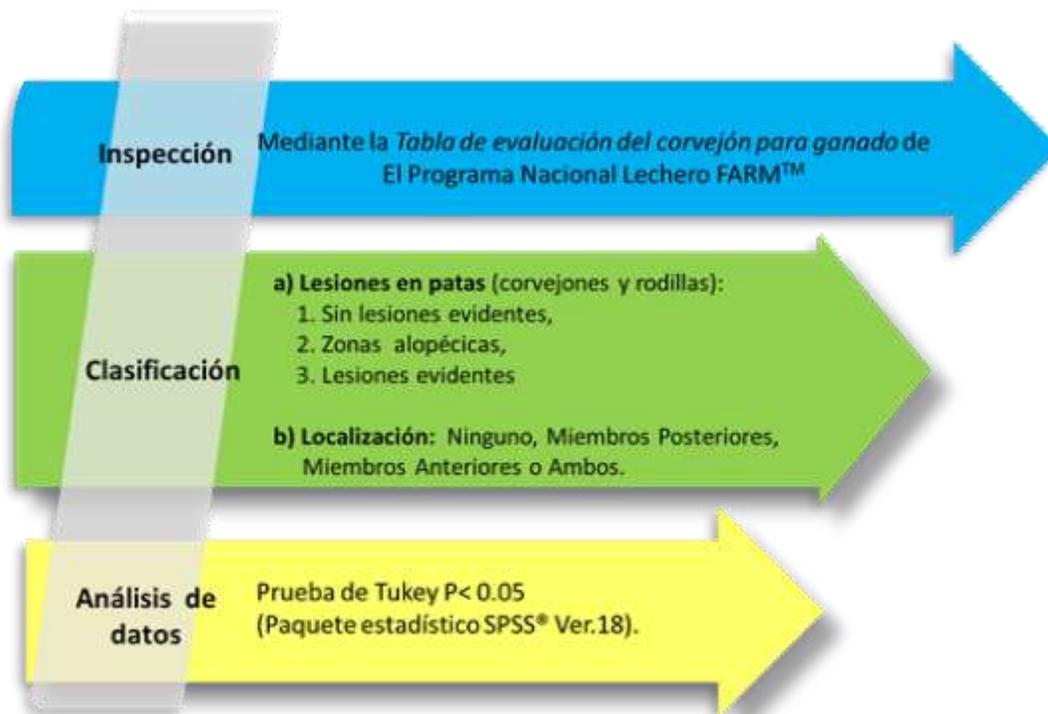


Figura 1. Material y métodos del desarrollo experimental

Fueron examinadas las características del ranurado de los pisos y la abundante, moderada o poca presencia de heces en cada uno de los tres corrales, obteniendo las siguientes observaciones (Figura. 2).

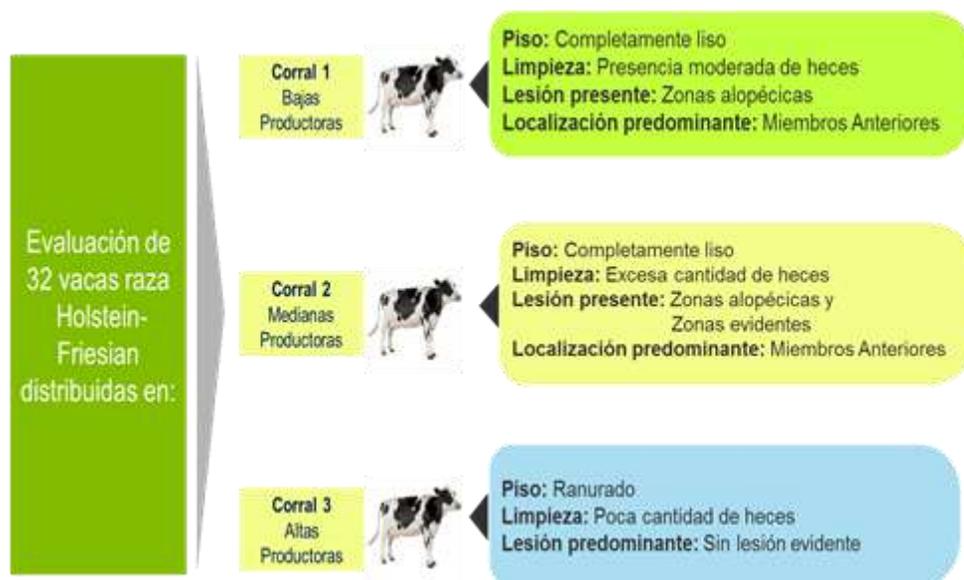


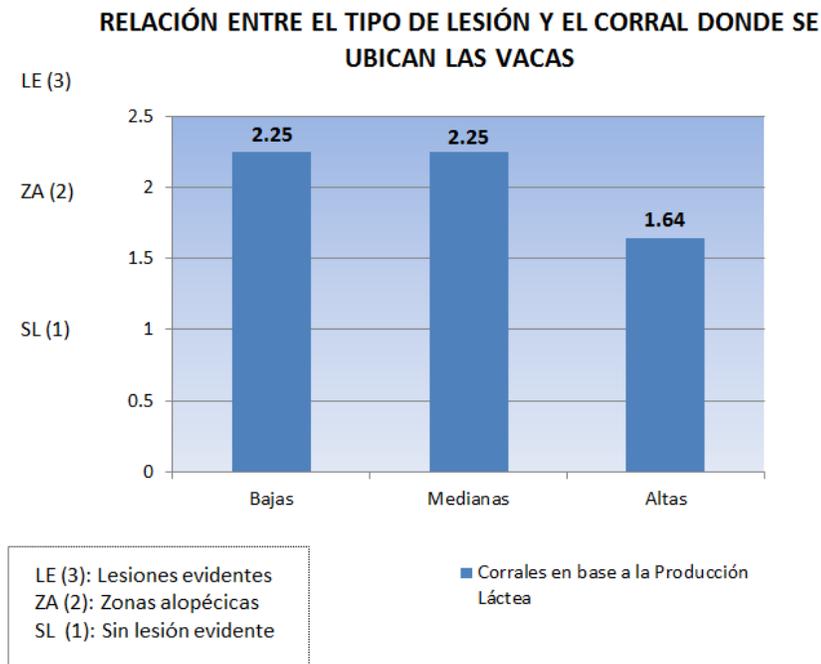
Figura 2. Se describe los grupos experimentales y las variables evaluadas para cada uno de ellos, así como el número de animales evaluado para cada grupo.

Resultados

De acuerdo a las observaciones y evaluaciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados, se presentan las lesiones encontradas, así como las características de cada uno de los corrales y los resultados en cuanto al análisis estadístico.

a) Lesiones.

Se observó que las vacas ubicadas en los corrales de Bajas y Medianas productoras predominaron las zonas alopecicas (2.25 ± 0.46) en los miembros anteriores (1.33 ± 0.76) y en el corral de Altas productoras prevalecieron las zonas sin lesiones (1.64 ± 0.51) (gráfica 1).



Gráfica 1. Se muestra la relación entre el tipo lesiones y el corral donde se ubicaron las vacas de acuerdo a la producción láctea

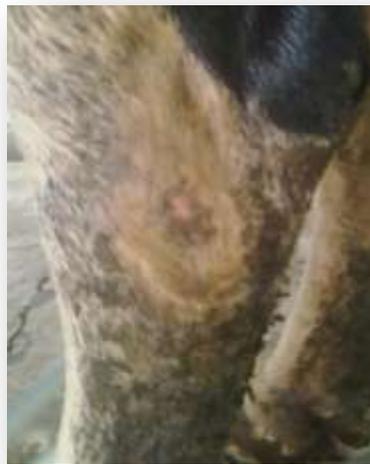


Imagen 3. Lesión: Zonas alopecica. Predominante en corrales de Bajas y Medianas productoras (Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)

b) Tipo de piso y cantidad de heces.

Los pisos en los corrales de las Bajas y Medianas productoras son completamente lisos y hay gran cantidad de heces, predominando en el corral de vacas medianas productoras.



Imagen 4. Piso completamente liso en corral de Bajas productoras (Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)



Imagen 5. Suelo del corral dos, correspondiente a las medianas productoras, se observa abundante cantidad de heces (Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)

El corral en el que se encontraban las vacas altas productoras de leche, se observó que el piso contaba con una mejor calidad en el grecado en comparación con los otros dos corrales, así como una menor presencia de heces.



Imagen 6. Corral de Altas productoras (Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)



Imagen 7. Lesión evidente predominante en corral con exceso de heces (Alejandra Jiménez, Estado de México, 2013)

Las vacas en corrales con pisos lisos presentaron más lesiones en miembros anteriores (bajas y medias), corrales con exceso de excretas predominaron lesiones evidentes (medias) y en corral con piso grecado se observaron menos lesiones (altas productoras).

A continuación en la tabla 1 se muestra un resumen de los resultados globales obtenidos en el presente estudio.

Tabla1. Resumen de resultados. Presencia de lesiones en los 3 corrales de la producción de acuerdo a las Características del piso y presencia de heces

TIPOS DE LESIÓN	CLASIFICACIÓN DE CORRALES		
	Bajas	Medianas	Altas
	<i>Piso liso c/heces</i>	<i>Piso liso c/exceso de heces</i>	<i>Piso grechado s/heces</i>
(1) Sin lesión evidente	No	No	Si
(2) Zonas alopécicas	Si	Si	No
(3) Lesión evidente	No	Si	No

En la producción láctea no se mostró diferencia estadística significativa en su relación con las lesiones evaluadas encontrándose que las vacas sin lesiones producen en promedio 10.81 ± 5.3 kg, con zonas alopécicas 9.87 ± 3.13 kg y con lesiones evidentes 7.63 ± 2.01 kg de leche (Gráfica 2).



Gráfica 2. Se muestra la relación entre el tipo de lesión y la producción láctea promedio en cada corral.

Discusión

En un estudio realizado en Suiza en el año 2012⁹, fueron evaluadas 35 granjas, revelando que el tipo de piso no influye en la presencia de problemas pódales en vacas, sin embargo, la falta de limpieza de los corrales forma una acumulación de heces que en conjunto con el tipo de piso genera accidentes en los animales, como son las caídas, no solo sobre el piso sino también sobre otras estructuras de las instalaciones lo que potencializa la presencia de lesiones⁹. Esto es lo que sucede con las vacas localizadas en los corrales de Bajas y Medianas productoras, ya que caen constantemente sobre sus rodillas debido a la superficie resbalosa del piso lo que favorece la alopecia y, al incrementar la cantidad de heces en el corral las lesiones se vuelven más evidentes. En el corral de Altas productoras hay mejores condiciones de limpieza y tipo de piso, generando menos caídas y por tanto menos lesiones. En cuanto a la producción láctea no se mostró diferencia estadística significativa en su relación con las lesiones evaluadas sin embargo Coulon, (1996) afirma que la producción de leche se ve afectada negativamente por la presencia de lesiones podales en un estudio realizado en 428 vacas². Cabe mencionar que el estudio realizado fue hecho en una baja población lechera vacuna (32 vacas), razón que intervino en la

significancia de los resultados. Es conveniente realizar el estudio a poblaciones mayores de bovinos lecheros para establecer una relación entre los problemas podales y la producción láctea.

Conclusiones e implicaciones.

Las lesiones en los miembros de las vacas lecheras están relacionadas al tipo de instalaciones en conjunto con la falta de limpieza. Incluso cuando en la literatura se menciona que los individuos lesionados a causa del tipo de piso en los corrales producen menos leche en comparación a las que tienen un piso adecuado, en este estudio se concluyó sin embargo, que no se afecta la productividad láctea aun cuando se observen lesiones evidentes en las patas de las vacas por un mal alojamiento.

Por otro lado, es necesario observar que una de las cinco necesidades básicas de los animales es que los mismos no padezcan de lesiones y enfermedad, lo cual en base a la observación y cuantificación no fue satisfactoria como parte del bienestar de la vaca lechera. Por lo tanto se considera importante implementar evaluaciones de este tipo en diferentes hatos lecheros, considerando la importancia de la integridad física de los animales, así como su interacción con las buenas prácticas de producción y las implicaciones que lesiones como estas o mayores tienen sobre la presencia de estrés, para posteriormente realizar una integración de todo lo anterior que permita implementar un esquema de mejoramiento constante en la producción que promueva un beneficio a los animales como al productor mismo.

Referencias:

1. Bruijnis, M., Hogeveen, H., Garforth, C. y Stassen, E. (2013) Dairy farmers' attitudes and intentions towards improving dairy cow foot health. *Livestock Science*. 155(1): 103-113.
2. Coulon, J.B., Lescourret, F. y Fonty, A. (1996) Effect of foot lesions on milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 79(1):44-49.
3. FAO. Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2008). Creación de capacidad para la implementación de buenas prácticas de bienestar animal. Ciencia e investigación. Roma. Italia. FAO. Pp: 12
4. Faye, B. y Lescourret, F. (1989). Environmental Factors Associated with Lameness in Dairy Cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. 7: 267-268
5. Fernández, GC. (2013). Diseño y validación de un protocolo de evaluación de bienestar animal en granja para el ovino lechero. Tesis para optar por el título de Master

- interuniversitario en zootecnia y gestión sostenible: Ganadería ecológica e integrada. Córdoba. España. Pp: 9-11.
6. Galindo, F. (2000). A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 67(4):335-341.
 7. Gallo, C. y Tadich, N. (2005). Transporte terrestre de bovinos: Efectos sobre el Bienestar Animal y la calidad de la carne. *Agro-Ciencia*. 21(2): 37-49.
 8. Green L.E., Hedges V.J., Schukken Y.H., Blowey, R.W. y Packington A.J. (2002). The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85 (2002): 2250-2256
 9. Haufe, H.C., Gygax, L., Wechsler, B., Stauffacher, M. y Friedli, K. (2012). Influence of floor surface and access to pasture on claw health in dairy cows kept in cubicle housing systems. *Preventive Veterinary Medicine*. 105 (1-2): 85-92
 10. Paul, R. G. (2009). Laminitis y claudicaciones en bovinos. *Inter-Medica*. Buenos Aires. Pp: 3-4, 67-68.
 11. Tadich, B.N. (2008). Claudicación de la vaca lechera y su relación con el Bienestar Animal. *Revista Electrónica de Veterinaria* 1695-7504. IX (10B): 3.
 12. The New York State Cattle Health Assurance Program - NYSCHAP. (2010). Programa Nacional Lechero FARMTM, Tabla de evaluación del corvejón para ganado, Apéndice E del Manual de cuidado animal. Pp: 69-70.

Relación de Autores

Dr. José Isidro Alejos de la Fuente
Universidad Autónoma Chapingo



Ingeniero Agrónomo especialista en Zonas Áridas, Maestro en Ciencias en Ganadería y Doctor en Ciencias en Ganadería. Especialista en el área de Nutrición Animal y Producción Avícola. Líneas de investigación “Nutrición Animal” y “Bienestar Animal en la Producción Avícola”.

Correo electrónico: alejos.jose@colpos.mx

Dr. Ángel Josabad Alonso Castro
Universidad de Guanajuato



Químico Fármaco Biólogo, Maestría en Biología Molecular y Doctorado en Bioquímica. Especialista en farmacología. Su principal área de investigación es la farmacología de productos naturales, en particular, nuevas fuentes de antimicrobianos a base de productos de origen natural.

Correo electrónico: angeljosabad@hotmail.com

MVZ. Georgina Aideé Arias Ramírez
Centro Universitario UAEM Amecameca



Médico Veterinario Zootecnia, Miembro de la Asociación de Médicos Especialistas en Cerdos, AMVEC. Responsable del Cepario Bacteriológico del Laboratorio de Medicina Veterinaria de su institución.

Correo electrónico: ariram1205@hotmail.com

Dr. Fidel Ávila Ramos
Universidad de Guanajuato



Médico Veterinario Zootecnista y Doctorado en Ganadería. Ha trabajado en la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México. Sus investigaciones están dirigidas a la búsqueda de sustancias naturales como promotores de crecimiento, antioxidantes y antibióticos que puedan mantener la calidad de la carne de pollo cuidando la calidad de vida de las aves.

Correo electrónico: ledifar@hotmail.com

MVZ. Edgar Eduardo Becerra Rojas
Centro Universitario UAEM Amecameca



Médico Veterinario Zootecnista. Actualmente desempeña trabajo de investigación sobre parasitología en serpientes en el Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre “Los Reyes”.
Correo electrónico: becerra1023502@gmail.com

Dr. Daniel Díaz Plascencia
Universidad Autónoma de Chihuahua



Ingeniero Agrónomo, Maestría en Ciencias en Nutrición Animal y Doctor in Philosophia en Nutrición Animal. Presidente del Comité de Bioética y Bienestar animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología. PREMIO CHIHUAHUA 2013 en la disciplina: Ciencias Biológicas con el trabajo: “Aditivo de Levaduras de Manzana para Alimentación Animal.”
Correo electrónico: dplascencia@uach.mx

Dra. Juana Elizabeth Elton Puente
Universidad Autónoma de Querétaro



Licenciatura en Nutrición, Maestría en Administración, Maestría en Nutrición y Doctorado en Ciencias de la Salud. Líneas de investigación en bienestar animal para la mejora de productos alimenticios, diagnóstico nutricional e intervenciones alimentarias, inocuidad alimentaria.
Correo electrónico: elizabeth.elton@uaq.edu.mx

MC. Nora Rosalía Flores Huitron
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM



Medicina Veterinaria y Zootecnia y Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Especialidad Bienestar Animal, Inocuidad alimentaria y Salud Pública Veterinaria.
Correo electrónico: nora_huitron@hotmail.com

MC. Salvador Carlos Flores Peinado

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM



Maestro en Ciencias. Área de Investigación: Calidad de la carne en diferentes especies. Especialidad en Bienestar Animal y Epidemiología Veterinaria. Correo electrónico: mvzsalvadoc@yahoo.com.mx

MVZ. Francisco Javier González López

Rastro Municipal de Irapuato, Guanajuato



Médico Veterinario Zootecnista. Ha participado en campañas zosanitarias y de movilización, y ha sido Presidente del Colegio de MVZ de Irapuato. Director del Rastro Municipal de Irapuato de 2010 a la fecha.

Correo electrónico: fcojavierglzlopez@yahoo.com.mx

Dra. Norma Güemes Vera

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Ingeniero Agroindustrial, Maestría y Doctorado en Ciencias de los Alimentos, especialista en el área de Cereales.

Correo electrónico: njgv2002@yahoo.com.mx

Dra. Verónica Azucena Ibarra Medina

Colegio de Postgraduados



Ingeniero Agrónomo, Maestra en Ciencias en Edafología y Doctora en Ciencias en Edafología. Especialidad en microbiología.

Correo electrónico: susete.mx@gmail.com

Dra. María del Rosario Jiménez Badillo
Centro Universitario UAEM Amecameca



Médico Veterinario Zootecnista, Maestría en Producción Animal y Doctorado en Producción Animal. Especialidad en Calidad de canal y carne de pequeños rumiantes.
Correo electrónico: mdjimenezb@uaemex.mx

EMVZ. Alejandra Jiménez Loarca
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM



Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Especialidad en Salud y Bienestar Animal.
Correo electrónico: alejimz@hotmail.com

Dr. José Sergio López Briones
Universidad de Guanajuato



Químico Farmacobiólogo, Maestro en Ciencias Biomédicas, Doctor en Ciencias Biomédicas Básicas y Postdoctorado (Johns Hopkins University School of Medicine). Ha obtenido diversos premios entre los que destacan CANIFARMA, de Investigación Médica Dr. Jorge RosenKranz y “VON BEHRING-KITASATO”. Especialidad en inmunología, estrés oxidativo, biología celular y molecular.
Correo electrónico: lobris@yahoo.com

Dr. Pablo Fidel Mancillas Flores
Universidad Autónoma de Chihuahua



Médico Veterinario Zootecnista, Maestría en Ciencias en Nutrición Animal y Doctorado in Philosophia en Nutrición Animal. Integrante del Comité para la Calidad e Innovación, Facultad de Zootecnia y Ecología. PREMIO CHIHUAHUA 2013 en la disciplina: Ciencias Biológicas: Aditivo de levaduras de Manzana para Alimentación Animal.
Correo electrónico: pmancillas@uach.mx

Dra. Rosario Martínez Yáñez
Universidad de Guanajuato



Médico Veterinario Zootecnista, Maestría en Producción Animal Tropical con especialidad en Nutrición Animal y Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Líneas de investigación acuicultura y cunicultura. Miembro del Comité Institucional de Bioética en la Investigación de la Universidad de Guanajuato (CIBIUG).
Correo electrónico: ar.martinez@ugto.mx

Dra. María Concepción Méndez Gómez Humarán
Universidad Autónoma de Querétaro



Médico Veterinario Zootecnia, Maestría y Doctorado en Producción Animal con área mayor en ciencia de la carne. Línea de investigación en bienestar animal para la mejora de productos alimenticios e Inocuidad alimentaria. Presidenta del Comité de Bioética, de la Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
Correo electrónico: conchitamendez@uaq.edu.mx

Dr. José Mario Mendoza Carrillo
Universidad de Guanajuato



Médico Veterinario Zootecnista, Maestría y Doctorado in Philosophia, con especialidad en Ciencias de la Carne. Miembro del Comité Institucional de Bioética en la Investigación de la Universidad de Guanajuato (CIBIUG).
Correo electrónico: jm.mendoza4@gmail.com

Dr. Martín A. Meza Nieto
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Maestro en Ciencias especialista en Ganadería y Doctor en Ciencias especialista en Lácteos e innovación de nuevos productos alimenticios manipulando las proteínas de la leche. Área microbiología de la leche.
Correo electrónico: mezal68@gmail.com

Dra. Rebeca Monroy Torres
Universidad de Guanajuato



Licenciada en Nutrición. Maestría en Investigación Clínica y 2ª Maestría en Gestión e Innovación Tecnológica. Doctorado en Ciencias Médicas. Línea de Investigación en Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria. Fundadora del Observatorio Universitario en Seguridad Alimentaria y Nutricional A.C. (OUSANEG).
Correo electrónico: rmonroy79@gmail.com

MCV. Patricia Mora Medina
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM



Médico Veterinario Zootecnista, Maestría en Ciencias Veterinarias. Especialidad medicina preventiva, bienestar animal e inocuidad alimentaria. Certificación en el área de Epidemiología CONEVET 2011-2016.
Correo electrónico: mormed2001@yahoo.com.mx

MVZ. Héctor Gabriel Orozco Castellanos
Asesor externo de COFOCALECHE, A.C.



Médico Veterinario y Zootecnista y Maestría en Administración de Negocios. Especialista en bovinos productores de leche.
Correo electrónico: hectorgabriel@prodigy.net.mx

Dr. Luis Manuel Orozco Castellanos
Universidad de Guanajuato



Técnico en Producción Pecuaria, Químico Farmacobiólogo, Maestría en Farmacia y Doctorado en Química. Especialidad producción de alimentos derivados lácteos y cárnicos.
Correo electrónico: orozcoz@hotmail.com

MC. Elba Orozco Estrada

Universidad Autónoma de Querétaro



Licenciada en Nutrición, Maestría en gerencia de programas en inocuidad de alimentos. Especialidad bienestar animal para la mejora de productos alimenticios, diagnóstico nutricio e intervenciones alimentarias, e inocuidad alimentaria.

Correo electrónico: elba.orozco@uaq.edu.mx

ELN. Gonzalo Palomares Calleja

Universidad Autónoma de Querétaro



Estudiante de la Licenciatura en Nutrición. Ganadero independiente y miembro de la Asociación Ganadera Regional del estado de Michoacán.

Correo electrónico: gpalomares@gmail.com

MC. María del Rocio Parada Hernández

Centro Nacional de Cunicultura



Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Maestría en Ciencias con especialidad en Nutrición Animal. Gerente del Centro Nacional de Cunicultura y del Rastro de Conejos TIF 655 de la Unión Ganadera Regional de Guanajuato.

Correo electrónico: rocioparah@yahoo.com.mx

Dr. J. Jesús Germán Peralta Ortiz

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Doctor en Ciencias en el área de Ganadería en Reproducción animal. Su línea de investigación es la fisiología de la reproducción en ovinos, tomando en cuenta el bienestar animal.

Correo electrónico: peralta@uaeh.edu.mx

Dr. Javier Piloni Martini

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Químico Farmacobiólogo, Maestro en Ciencias en Tecnología Avanzada y Doctor en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad en el área de Ganadería. Especialista en microbiología. Líneas de investigación: Uso de subproductos agropecuarios para alimentación animal y Microbiología y Biotecnología Pecuaria.

Correo electrónico: chipiloni@hotmail.com

MC. Roxana Preciado Cortes

Universidad Autónoma de Querétaro



Licenciada en Química en Alimentos y Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Líneas de investigación bienestar animal para la mejora de productos alimenticios, diagnóstico nutricional e intervenciones alimentarias e inocuidad alimentaria.

Correo electrónico: roxapre@uaq.mx

Dra. Aurora Quintero Lira

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Ingeniero Agroindustrial, Maestría en Tecnología de Alimentos y Doctorado en Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología. Línea de investigación en Caracterización y Conservación de Productos Agroalimentarios, con énfasis en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos.

Correo electrónico: auroraql@yahoo.com.mx

Dra. María del Carmen Salazar Piñón

Universidad Autónoma de Querétaro



Licenciada en Nutrición, Maestría en Antropología Social y Doctorado en Psicología y Educación. Especialidad en desarrollo comunitario. Línea de investigación en bienestar animal para la mejora de productos alimenticios, diagnóstico nutricional e intervenciones alimentarias, e inocuidad alimentaria.

Correo electrónico: sapino@uaq.mx

Mtra. María Zamira Tapia Rodríguez
Centro Universitario UAEM Amecameca



Médico Veterinario Zootecnista, Maestra en Agroindustria Rural, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario. Especialidad en ciencias de la carne con perfil socioeconómico en productos agroindustriales.

Correo electrónico: zamm_23@hotmail.com

Dr. Víctor Manuel Toledo López
Instituto Tecnológico de Mérida



Ingeniero Bioquímico, Maestría en Ciencias de los Alimentos y Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Especialidad en ciencia y tecnología de alimentos de origen animal. Línea de investigación sobre alimentos funcionales de origen animal.

Correo electrónico: vtoledo08@yahoo.com.mx

Dra. María Guadalupe Torres Cardona
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



Ingeniero Agrónomo especialista en Zonas Áridas, Maestría y Doctorado en Ciencias en Ganadería. Especialista en el área de etología y bienestar animal en especies de producción. Certificada como “Promotora del Bienestar Animal” por la “World Animal Protection”.

Correo electrónico: gtorres97@yahoo.com.mx

Dra. María de Lourdes Vargas y Vargas
Instituto Tecnológico de Mérida



Químico Biólogo Bromatólogo, Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Especialidad en inocuidad, calidad y tecnología de alimentos, tecnología postcosecha de fruta y hortalizas, conservación de frutos tropicales a partir de atmósferas modificadas, extracción de pigmentos con actividad antioxidante, obtención de oleorresinas para su aplicación en diversos productos alimenticios y aplicación de la tecnología del mínimo procesamiento.

Correo electrónico: acras_99@yahoo.com

Dr. Juan Ramón Zapata Morales
Universidad de Guanajuato



Químico FÁrmaco Biólogo, Maestría y Doctorado en Ciencias Biomédicas Básicas. Experiencia en la evaluación de farmacocinética y biodisponibilidad de fármacos a nivel preclínico y clínico, y en la elaboración de protocolos y reportes para estudios de bioequivalencia y biodisponibilidad de fármacos de acuerdo a la norma mexicana NOM-177-SSA1-2013.

Correo electrónico: mzrj@hotmail.com

Esta edición se terminó el 1º de Febrero 2016
con un tiraje de 1,000 ejemplares

