

Revista Electrónica Nueva Época Veterinaria



- Biotecnología veterinaria ¿ovejas clonadas, animales mutantes y dinosaurios?: una perspectiva de la realidad
- Cystoisosporiasis infección de importancia clínica en el perro. Una revisión
- Determinación del efecto de los extractos acuosos de cebolla (*Allium cepa*) y canela (*Cinammomun verum*) sobre la cinética de fermentación cecal en conejos
- Estado de la Industria láctea en México
- Uso de extracto acuoso de *allium cepa* y *cinnamomum verum* como anti diabetogénico en murinos
- Biodisponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en fauna doméstica de Calimaya, Estado de México usando una trampa de panal
- La pollinaza en la alimentación animal: breve revisión
- Incidencia de *salmonella typhimirium* en México: epidemiología y resistencia antimicrobiana



DIRECTORIO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DIRECTORIO INTERNO

Dr. en TIE. Desiderio Rodríguez Velázquez
Director

Dr. en CARN. Jorge Antonio Varela Guerrero
Subdirector Académico

Dr. Nazario Pescador Salas
Subdirector Administrativo

COMITÉ EDITORIAL

Dr. en TIE. Desiderio Rodríguez Velázquez
Presidente

Dr. en CARN. Jorge Antonio Varela Guerrero
Secretario Ejecutivo

Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem
Secretario Técnico

M. en C. Félix Salazar García
Coordinador de Planeación y Desarrollo Institucional

Dr. Jorge Acosta Dibarrat
Coordinador de Estudios Avanzados

Dr. Ignacio Domínguez Vara
Coordinador de Investigación

Dr. César Ortega Santana
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal

Dr. José Mauro Victoria Mora
Coordinador del Hospital Veterinario Pequeñas Especies

M. en CARN. Adriana Yolanda Díaz Archundia
Coordinadora del Hospital Veterinario Grandes Especies

EDICIÓN

REVISTA ELECTRÓNICA NUEVA ÉPOCA VETERINARIA: Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), Universidad Autónoma del Estado de México. Oficinas de Edición: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Difusión Semestral.

Revista Electrónica Nueva Época Veterinaria, Año 13, No. 1, Enero-Junio 2023, es una Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100 Ote., Colonia Centro, Toluca, Estado de México, C.P. 50000, Tels. (722) 2965548 o 2966382 ext. 107, <http://veterinaria.uaemex.mx/cultura/revista-nueva-%C3%A9pocaveterinaria.html>, revnevt_fmvyz@uaemex.mx

Editor responsable: Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo no. 04-2022-010613202300-102, ISSN 2448-6612 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, el Cerrillo Piedras Blancas, San Cayetano de Morelos, C. P. 50090, Toluca, Estado de México., modificación: diciembre de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido aquí publicado sin fines de lucro, siempre y cuando no se modifique, se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

Hecho en México, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX).

 Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No-Comercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

COMITÉ DE ARBITRAJE

Dra. Mona Mohamed Mohamed Yasseen Elghandour

Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem

Dr. Martín Talavera Rojas

Dr. Jose Luis Borquez Gastelum

Dr. Rafael Cano Torres

Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain

Dr. Desiderio Rodriguez Velázquez

M. en C. Félix Salazar García

Dra. Celene Salgado Miranda

Dr. Jorge Acosta Dibarrat

Editor: Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem

Asistente editorial: PIC. Elizabeth De la Rosa Valdespino

Responsable de la corrección de estilo del idioma inglés

Dr. Abdelfattah Zeidan Mohamed Salem

Interesados en formar parte del cuerpo de arbitraje, solicitarlo por escrito en formato libre a revnevt_fmvyz@uaemex.mx

EDITORIAL

Damos la bienvenida a todos nuestros lectores en este primer número correspondiente a la administración 2023-2027. Esperamos contar con su preferencia durante este tiempo continuando con el proyecto institucional y trabajando para darles a conocer los eventos más trascendentes que se llevan a cabo en la FMVZ, las revisiones o investigaciones del ámbito veterinario desarrollados por estudiantes e investigadores de este espacio académico, además de temas relacionados con la cultura, el deporte e identidad universitaria, esperando que sean de utilidad en su vida diaria y práctica médica veterinaria.

*En la sección de artículos, iniciamos con un interesante trabajo sobre la Biotecnología veterinaria, el objetivo de la biotecnología animal no es la creación de animales nuevos ni extravagantes o peligrosos, en este se profundiza el papel de los animales en el estudio científico, así como los múltiples beneficios que se han obtenido gracias a ellos. Otro artículo explica que la Cystoisospora es una infección parasitaria que afecta más a los perros inmunodeprimidos, cachorros y perros en hacinamiento, y con poca desinfección en el lugar donde cohabitan; la infección altera el epitelio intestinal por el ciclo de vida del parásito al reproducirse. En el siguiente artículo, se explica que actualmente se busca reemplazar los fármacos por extractos vegetales utilizando extractos de cebolla (*Allium cepa*) y canela (*Cinammomum verum*), estos vegetales aportan grandes cantidades de nutrientes como hidratos de carbono disponibles, proteínas, minerales, vitaminas y compuestos organosulfurados (metiina, alina, propiina y tiosulfatos), fenoles y aldehídos que ayudan al desarrollo y digestibilidad de los conejos.*

*El siguiente artículo trata de comprender el proceso evolutivo y epidemiológico de la Salmonella typhimurium, analizando diversos factores: incidencia, propagación, patrones de resistencia frente antibióticos, factores de riesgo y afecciones que provoca, denotando cómo la falta de buenas prácticas afecta el bienestar y salud de los animales de granjas porcinas. En otro artículo se describe que la diabetes mellitus (DM) es una de las enfermedades con mayor prevalencia e importancia de salud pública a nivel mundial, esto por la severidad y adversidad de complicaciones crónicas que genera; en México, la DM tipo 2 es el principal problema de salud, ocasionada por un proceso de resistencia a la insulina. La industria láctea en México es una de las actividades económicas que se ha desarrollado en los últimos años, sobre todo por su relevancia respecto a satisfacer las necesidades alimentarias; en este artículo se describe su panorama actual, así como los eslabones que se presentan en la misma y algunas reflexiones acerca de potenciales oportunidades para un desarrollo integral de esta actividad. Por otro lado, el objetivo de otra interesante investigación implicó la evaluación de la concentración total y biodisponible de los elementos potencialmente tóxicos (plomo y arsénico) en muestras de sangre de caninos domésticos (*Canis lupus familiaris*) de familias Calimayenses. La pollinaza es la excreta de no rumiantes con mayor volumen de producción y mayor uso en la alimentación animal, ya que supera en nutrientes a la cerdaza y excretas de rumiantes, lo cual se debe al tipo de dieta que reciben los pollos de engorda. Se ha investigado sobre ella y hay evidencia científica de la buena respuesta biológica, económica, rendimiento y características de la canal al incluirla en dietas completas en ovinos y bovinos en crecimiento; además, no se han encontrado efectos negativos en la salud y producción de los animales.*

Esperamos que este número de la Revista Electrónica Nueva Época Veterinaria sea de su agrado y que la disfruten, dejamos nuestro correo electrónico para cualquier observación, sugerencia o para hacernos llegar sus colaboraciones: revnevt_fmvyz@uaemex.mx

Comité Editorial
Revista Electrónica Nueva Época Veterinaria.

CONTENIDO

Editorial	4
BIOTECNOLOGÍA VETERINARIA ¿OVEJAS CLONADAS, ANIMALES MUTANTES Y DINOSAURIOS?: UNA PERSPECTIVA DE LA REALIDAD	6
CYSTOISOSPORIASIS INFECCIÓN DE IMPORTANCIA CLÍNICA EN EL PERRO. UNA REVISIÓN	10
DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS EXTRACTOS ACUOSOS DE CEBOLLA (<i>Allium cepa</i>) Y CANELA (<i>Cinammomun verum</i>) SOBRE LA CINÉTICA DE FERMENTACIÓN CECAL EN CONEJOS	21
INCIDENCIA DE <i>SALMONELLA TYPHIMIRIUM</i> EN MÉXICO: EPIDEMIOLOGÍA Y RESISTENCIA ANTIMICROBIANA	28
USO DE EXTRACTO ACUOSO DE <i>ALLIUM CEPA</i> Y <i>CINNAMOMUM VERUM</i> COMO ANTI DIABETOGÉNICO EN MURINOS	34
ESTADO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA EN MÉXICO	41
BIODISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN FAUNA DOMÉSTICA DE CALIMAYA, ESTADO DE MÉXICO	45
LA POLLINAZA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL: BREVE REVISIÓN	50
Bases para la publicación de artículo	57

BIOTECNOLOGÍA VETERINARIA ¿OVEJAS CLONADAS, ANIMALES MUTANTES Y DINOSAURIOS?: UNA PERSPECTIVA DE LA REALIDAD

VETERINARY BIOTECHNOLOGY: CLONED SHEEP, MUTANT ANIMALS AND DINOSAURS?: A PERS- PECTIVE OF REALITY

José Emanuel Arana,¹ Patricia Vieyra Reyes^{1*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.
* Autor para correspondencia: pvieyrr@uaemex.mx

RESUMEN

Para la mayoría de las personas es incómodo escuchar las palabras animales y laboratorio en la misma oración, ya que en lo primero que se piensa es en peces de tres ojos, perros con patas de araña, tortugas humanoides capaces de hacer artes marciales, dinosaurios revividos del ADN fosilizado o cualquier otro tipo de “adefesio” digno de las películas de terror. Más bien, las obras de ciencia ficción nos han hecho creer que los científicos se dedican a combinar, deformar y rellenar los espacios del ADN en el laboratorio oponiéndose a la naturaleza y creando bestias que buscan comernos. Pero esta idea no podría estar más lejos de la realidad. Siendo realistas, el objetivo de la biotecnología animal no es la creación de animales nuevos ni extravagantes o peligrosos. En el presente trabajo se profundiza el papel de los animales en el estudio científico, así como los múltiples beneficios que se han obtenido gracias a ellos.

PALABRAS CLAVE: Veterinaria, biotecnología, investigación.

ABSTRACT

It is uncomfortable to hear the words animals and laboratory in the same sentence, since the first thing they think of is three-eyed fish, dogs with spider legs, humanoid turtles capable of doing martial arts, dinosaurs revived from fossilized DNA or any other type of “eyesore” worthy of horror movies. Rather, works of science fiction have led us to believe that scientists are dedicated to combining, warping and filling in the spaces of DNA in the laboratory, opposing nature and creating beasts that seek to eat us. But this idea couldn't be further from reality. Realistically, the goal of animal biotechnology is not the creation of new, extravagant or dangerous animals. In this work, the role of animals in scientific study is deepened, as well as the multiple benefits that have been obtained thanks to them.

KEY WORDS: Veterinary, biotechnology, research.

INTRODUCCIÓN

Cuando se producen bienes, servicios o conocimientos gracias a la aplicación de ciencia e ingeniería en animales, no solo se obtienen beneficios en términos productivos, económicos o de salud, sino que también permite superar muchos retos científicos y éticos. Todo esto en conjunto se define como biotecnología veterinaria o biotecnología animal (Thieman & Palladino, 2010). Entre los aspectos principales que se ven involucrados en esta rama de la biotecnología podemos encontrar: investigación en modelos animales, influencia de la ingeniería genética, animales transgénicos y clonación.

Investigación en modelos animales: Si bien, la biología de un modelo animal y de un humano exhibe obvias diferencias, se encuentran muchas similitudes a nivel genético o fisiológico. Esto ha permitido que la investigación con animales sea fundamental para la mayoría de los grandes avances en los últimos siglos, además de evitar grandes sufrimientos humanos, entre ellos, está el desarrollo de vacunas contra enfermedades como la difteria y tuberculosis, el desarrollo de nuevos fármacos, el perfeccionamiento de procedimientos quirúrgicos y de trasplante o las terapias génicas, por mencionar algunos (Fernández, 2019; Hidalgo-Ruiz *et al.*, 2023). Es por esta razón que los nuevos procesos médicos, productos cosméticos y medicamentos, se hacen pasar por pruebas de seguridad que implican metodologías rigurosas llamadas ensayos de fase. Esta es una práctica de vital importancia que ayuda a salvar muchas vidas (no solo humanas). Según las regulaciones impuestas por la administración de alimentos y medicamentos (Food and Drugs Administration, FDA) desde 1938 se exigen pruebas de seguridad a los fármacos antes de su comercialización, lo cual se constituyó en uno de los pilares fundamentales de las mediciones de cualquier ensayo clínico (Borchers *et al.*, 2007; Organization, 1968; Suárez Obando, 2020; Wax, 1995). Las observaciones sobre la investigación preclínica en animales junto con otros aspectos legales y éticos se incluyen en los Principios para la evaluación clínica de medicamentos, documentos emitidos por la OMS en 1968 y 1975 (Organization, 1968, 1975). Actualmente, los fabricantes deben llevar a cabo un número estadísticamente significativo de ensayos con cultivos celulares inicialmente, seguidos de ensayos *in vivo* en animales y humanos antes de salir al mercado. Cabe resaltar que la prioridad de estos ensayos es velar por la seguridad, así que, si un producto o proceso presenta niveles peligrosos de toxicidad o efectos secundarios no previstos en las fases iniciales, nunca serán probados en animales *in vivo*. Siempre que sea posible para las investigaciones, es

preferible el uso de cultivos celulares o de modelos y simulaciones informáticos para los ensayos iniciales, ya que son más prácticos y baratos para estudiar el impacto sobre un organismo entero (Thieman & Palladino, 2010). Afortunadamente, todas las prácticas e investigaciones que requieren de experimentación animal en el laboratorio están fuertemente reguladas y se someten a revisiones de proyectos por parte de comités de ética y agencias de gobierno que vigilan las condiciones de los laboratorios, así como la calidad de vida de los animales, esto incluye la selección de especies adecuadas, usar el menor número posible, alojamiento, limpieza y alimentación (Brey & Rodríguez, 2007; De Aluja, 2002). La comunidad científica es consciente de la necesidad de usar modelos animales en las investigaciones y por ello muchas disciplinas incluyen tópicos relacionados a la bioética dentro de sus planes curriculares. Aquellos que pensaron que la experimentación en animales iba a generar algún día un par de ratones que tratarían de dominar al mundo, pueden dormir tranquilos, pues los científicos no son “seres malvados” como lo han mostrado algunas películas, hay que recordar que solo son eso; películas.

Animales transgénicos e ingeniería genética: El desarrollo de metodologías que permiten introducir, eliminar o modificar un determinado gen para producir seres con características de interés específico se denomina ingeniería genética (Felmer, 2004; Fernández, 2019; Thieman & Palladino, 2010). La ingeniería genética supone uno de los mayores avances en el área de la biotecnología veterinaria (Vázquez Quintero, 2021), los organismos obtenidos mediante esta metodología son llamados organismos modificados genéticamente o transgénicos. Un animal transgénico es aquel cuyo genoma ha sido manipulado y se le ha insertado un gen que naturalmente no forma parte de su genoma (transgén) (Ruiz Martín, 2023). Se puede entender que los animales transgénicos son capaces de expresar proteínas que no están codificadas naturalmente en su genoma, expresar proteínas cuando no lo hacen naturalmente o no expresarlas (Salazar *et al.*, 2013). El uso de animales transgénicos ha permitido el estudio de las funciones primordiales de las proteínas, la manera más efectiva de hacerlo es anulando los genes que codifican tales proteínas (*knockout*) y analizar el efecto generado (Thieman & Palladino, 2010). Esto ha permitido profundizar en la comprensión de múltiples enfermedades como el cáncer desde sus orígenes genéticos y desarrollar métodos de diagnóstico y tratamiento (Cavagnari, 2010; Fernández, 2019; Hurtado Restrepo, 2019; Santos, 2004). Otra aplicación importante de los animales transgénicos va dirigida hacia la mejora del ganado (Fernández, 2019). Modificando a los animales de cría, es posible

obtener crecimientos más rápidos, mayor resistencia a enfermedades, metabolismos más eficaces de los alimentos o la mejora de características de interés para los productores (Aguirre Borda *et al.*, 2022; Bosch, 2005; Fernández, 2019; Salazar *et al.*, 2013). También se usan animales transgénicos para la producción de las llamadas proteínas recombinantes (proteínas expresadas en líneas celulares distintas a la natural) (Campos-Flores *et al.*, 2023; Sánchez & Gadea, 2014) en fluidos biológicos como la sangre o la leche y que son de interés en diversas áreas de investigación o producción industrial. Un ejemplo lo podemos encontrar en el llamado bioSteel (Gould, 2002) generado a partir de introducir genes de araña en cabras para obtener ejemplares que producen leche y telaraña, la cual es extraída y purificada para obtener este producto pensado para el refuerzo de hilos quirúrgicos y chalecos antibalas.

Es aquí donde la ciencia ficción ha hecho creer a la sociedad que la ingeniería genética es “jugar a ser Dios”, pues el deseo de editar el genoma por parte de los científicos era inevitable, deseo que hoy es posible gracias a una herramienta molecular llamada CRISPR-Cas (Fernández, 2019; Sánchez, 2021). Si bien, el desarrollo de la ciencia y la ingeniería genética busca traer beneficios, siempre existirán experimentos de ética cuestionable (Fernández, 2019), pero no al nivel de las películas, que muestran animales “mutantes” como protagonistas de historias de terror del tipo “tiburón de dos cabezas”, “monstruos mitad humano mitad animal”, “anacondas gigantes asesinas”, entre otros; hay que recordar que esta idea es errada y no concuerda con los beneficios que realmente busca la ingeniería genética.

Clonación: Durante la década de los 90 se puso de moda el fenómeno de la oveja Dolly, la primera oveja que había sido clonada con éxito a partir de una célula adulta (Salamone, 2003). Si bien, la idea popular de la clonación se basa en obtener el ADN de un organismo y generar una o muchas copias idénticas al momento de extraer su material genético, esta idea está ligeramente equivocada. Un clon se entiende como una célula o conjunto de ellas que son genéticamente iguales a una célula progenitora, como los gemelos que son clones uno del otro, también podemos entender como clon a la reproducción asexual de animales (Thieman & Palladino, 2010). Cuando se realiza la clonación de un animal hay solamen-

te un contribuyente genético, es decir, la cría tiene exactamente la misma programación genética que su progenitor, es decir, la clonación podría producir hijos que manifiesten las características exactas del progenitor, pero hay que esperar a que crezcan para averiguarlo (Thieman & Palladino, 2010). En términos de clonación animal, el objetivo principal es económico y busca la mejora de la productividad y calidad de la ganadería (Ospina, 2018), así como la obtención de proteínas o moléculas de interés médico en animales transgénicos (Campos-Flores *et al.*, 2023; Ruiz Martín, 2023). De hecho, la FDA aprobó en 2008 la producción alimentaria a partir de reses, cerdos y cabras clonados (Montoya Palomino, 2019; Thieman & Palladino, 2010). Otra aplicación potencial de la clonación va dirigida a la conservación de especies en peligro de extinción (Bosch, 2005; Fernández, 2019). El proceso general de obtención de un clon a partir de un adulto, inicia aislando una célula del organismo e insertando su ADN en un huevo enucleado (sin ADN en el núcleo del huevo) (Ospina, 2018). Si todo va bien, la división celular acontecerá como en un huevo fertilizado ordinario y se desarrollará un embrión, el cual será transferido a una madre suplente para el resto de la gestación (Thieman & Palladino, 2010). Sin embargo, contrario al argumento de películas como “Jurassic Park”, la posibilidad de traer de vuelta a los dinosaurios a partir de restos fosilizados es prácticamente nula, esto debido a que la principal limitante de la clonación es que el ADN dominante debe provenir de una célula viva, por lo tanto, es casi seguro que esta fantástica idea está destinada a permanecer en la ciencia ficción por siempre, tal vez esto sea lo mejor, pues sabemos que en este tipo de películas alguien termina siendo la cena.

CONCLUSIONES

La biotecnología es un área de la ciencia llena de mitos en torno al papel de los animales y la experimentación que se desarrolla con ellos. Muchos de estos mitos son inspirados por las obras de ciencia ficción que han generado muchas ideas erróneas dentro de la sociedad, no obstante, la realidad científica de la biotecnología veterinaria apunta a mejorar la calidad de vida tanto humana como animal. Gracias a los animales hemos logrado muchas cosas que antes parecían muy lejanas.

REFERENCIAS

- Aguirre Borda, S. X., Montenegro Flórez, S. A. & Álvarez Hernández, L. V. (2022). *Revisión sistemática sobre alternativas de tratamiento de mastitis bovina, frente a la resistencia a antibióticos*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Borchers, A. T., Hagie, F., Keen, C. L. & Gershwin, M. E. (2007). The history and contemporary challenges of the US Food and Drug Administration. *Clinical therapeutics*, 29(1), 1-16.
- Bosch, P. (2005). Clonado de animales mediante transferencia nuclear, aplicaciones en ganadería y biomedicina. González-Stagnaro & Soto-Belloso E. *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Astro Data, SA Maracaibo-Venezuela, 620-625.
- Brey, L. C. & Rodríguez, K. S. (2007). Aspectos éticos de la experimentación con animales. *Bioética*, (27), 1-3.
- Campos-Flores, J. R., Hernández-Trejo, A. & Orihuela, Y. C. O. (2023). La importancia de la biotecnología en las ciencias de la salud: una revisión. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, 11(21), 4-8.
- Cavagnari, B. M. (2010). Generación de animales transgénicos: Regulación de la expresión genética. *Archivos argentinos de pediatría*, 108(5), 438-444.
- De Aluja, A. S. (2002). Animales de laboratorio y la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999). *Gac Med Mex*, 138(3), 295-298.
- Felmer, R. (2004). Animales transgénicos: pasado, presente y futuro. *Archivos de medicina veterinaria*, 36(2), 105-117.
- Fernández, L. (2019). ¿Máquinas biotecnológicas o seres sintientes? Una aproximación antiespecista a la clonación de animales no humanos. *Revista de Bioética y Derecho*, (47): 141-157.
- Gould, P. (2002). Exploiting spiders' silk. *Materials Today*, 5(12): 42-47.
- Hidalgo-Ruiz, M., Hidalgo, A. D. V., Vázquez, I. N. J. & Nava, A. (2023). Los héroes sin capa de la ciencia: una revisión sobre los animales de laboratorio.
- Hurtado Restrepo, E. (2019). ¿De qué manera el uso de la ingeniería genética influye en el desarrollo de posibles tratamientos para el cáncer cerebral?: Proyecto de Grado Medellín: Marymount School Medellín.
- Montoya Palomino, M. B. (2019). *Biotecnología reproductiva en animales*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga De Ica.
- Organization, W. H. (1968). *Principles for the clinical evaluation of drugs*. World Health Organization technical report series(403).
- Organization, W. H. (1975). *Principles for the clinical evaluation of drugs*. World Health Organization technical report series(563).
- Ospina, M. F. P. (2018). Técnicas y aplicación de la Clonación en la Producción Bovina.
- Ruiz Martín, G. (2023). Organismos transgénicos: una visión de su aportación a la sociedad actual
- Salamone, D. (2003). *Una nota sobre Dolly*. *Química Viva*, 2(1), 7-8.
- Salazar, A., Sandoval, A. & Armendáriz, J. (2013). *Biología molecular fundamentos y aplicaciones en las ciencias de la salud*. México: McGrawHill Interamericana.
- Sánchez, A. & Gadea, J. (2014). Animales transgénicos para producción de proteínas humanas. *Anales de Veterinaria de Murcia*,
- Sánchez, R. (2021). Ingeniería genética, CRISPR y futuro otro. *Futuro Hoy*, 2(1): 28-30.
- Santos, J. (2004). Animales Transgénicos y Knock Out para el estudio del cáncer. *Últimas investigaciones en biología: células madre y células embrionarias*, 89.
- Suárez Obando, F. (2020). Investigación clínica y buenas prácticas clínicas. Más historias por contar. *Persona y Bioética*, 24(2), 188-204.
- Thieman, W. J. & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la biotecnología* (Vol. 7). Pearson educación.
- Vázquez Quintero, R. (2021). Tendencias en ingeniería genética del uso de modelos animales.
- Wax, P. M. (1995). Elixirs, diluents, and the passage of the 1938 Federal Food, Drug and Cosmetic Act. *Annals of internal medicine*, 122(6), 456-461.

CYSTOISOSPORIASIS INFECCIÓN DE IMPORTANCIA CLÍNICA EN EL PERRO. UNA REVISIÓN

CYSTOISOSPORIASIS INFECTION OF CLINICAL IMPORTANCE IN THE DOG. A REVIEW

Valladares-Carranza, B.,¹ Gómez-Robles, M.A.,² Ortega-Santana, C.,¹ Bañuelos-Valenzuela, R.,³ Delgadillo-Ruiz, L.,³ Zaragoza-Bastida, A.,⁴ Delgadillo-Ruiz, E.,⁵ Tirado-Torres, D.,⁵ Meza-López, C.,³ Echavarría-Chairez, F.G.,³ Mariezcurrena-Berasain MA.,¹ Velázquez-Ordoñez, V.,¹ Rivero-Pérez, N.^{4*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.

² Clínica Privada, Ciudad de México, México.

³ Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

⁴ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

⁵ Universidad de Guanajuato, México.

* Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

RESUMEN

Cystoisospora es una infección parasitaria que afecta más a los perros inmunodeprimidos, cachorros y perros en hacinamiento, y con poca desinfección en el lugar donde cohabitan; la infección altera el epitelio intestinal por el ciclo de vida del parásito al reproducirse. En los protozoarios del filo Apicomplexa, del género *Cystoisospora* se distinguen tres especies que pueden afectar al perro: *Cystoisospora canis*, *Cystoisospora ohioensis* y *Cystoisospora burrowsii*. *Cystoisospora* puede variar en su patogenicidad que depende de la especie y carga parasitaria involucrada. El mecanismo de infección es la vía oral-fecal, los ooquistes se encuentran en las heces, la transmisión indirecta puede ocurrir mediante la exposición en el ambiente contaminado con materia fecal, agua y alimentos contaminados. En el hospedador, según su localización en las células epiteliales y subepiteliales, hay una acción expoliatriz, citofaga; y traumática al destruir la célula en sus diferentes etapas de liberación de merozoitos y de gametos. Son invadidas y destruidas las vellosidades del epitelio del intestino delgado, sobre todo el primer tercio y zona media del yeyuno. En la infección con *C. canis* y *C. ohioensis* asociada al daño intestinal, se observa dolor abdominal, vómito y malestar general, si la infección es muy severa se presenta deshidratación y muerte. Para el desarrollo de la enfermedad la humedad y temperatura son fundamentales para la esporulación del ooquiste; la poca higiene para la recolecta de las heces fecales de los canidos de la calle o en los albergues propician un alto riesgo a la infección. La diarrea hemorrágica y no hemorrágica fue significativamente más prevalente en los animales infectados con *Cystoisospora*. La educación para la salud es de vital importancia para disminuir el riesgo de infecciones parasitarias por este género, y el realizar campañas para promover la prevención y el control de la enfermedad en lo más posible.

PALABRAS CLAVE: *Cystoisosporiasis*, *Cystoisospora canis*, infección, perro.

ABSTRACT

Cystoisospora is a parasitic infection that affects more immunosuppressed dogs, puppies and overcrowded dogs, and with little disinfection in the place where they cohabit; the infection alters the intestinal epithelium due to the life cycle of the parasite by reproducing. In the protozoa of the Apicomplexa phylum, of the *Cystoisospora* genus, there are 3 species that can affect dogs: *Cystoisospora canis*, *Cystoisospora ohioensis* and *Cystoisospora burrowsii*. *Cystoisospora* can vary in its pathogenicity that depends on the species and parasite load involved. The infection mechanism is the oral-fecal route, oocysts are found in the feces, indirect transmission can occur through exposure in the environment contaminated with fecal matter, water, and contaminated food. In the host, depending on its location in the epithelial and subepithelial cells, there is an exfoliation, cytophagous action; and traumatic by destroying the cell in its different stages of release of merozoites and gametes. The villi of the epithelium of the small intestine are invaded and destroyed, especially the first third and middle zone of the jejunum. In the infection with *C. canis* and *C. ohioensis* associated with intestinal damage, abdominal pain, vomiting and general malaise are observed; if the infection is very severe, dehydration and death occur. For the development of the disease, humidity and temperature are fundamental for the sporulation of the oocyst; Poor hygiene for the collection of fecal feces from canids on the street or in shelters lead to a high risk of infection. Hemorrhagic and non-bloody diarrhea were significantly more prevalent in *Cystoisospora*-infected animals. Health education is of vital importance to reduce the risk of parasitic infections by this genus, and to carry out campaigns to promote the prevention and control of the disease as much as possible.

KEY WORDS: *Cystoisosporiasis*, *Cystoisospora canis*, infection, dog.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad ocasionada por *Cytoisosporea* constituye un problema de salud para los perros domésticos (*Canis lupus familiaris*), ya que estos se encuentran expuestos a padecer infecciones por una gran variedad de agentes patógenos, en particular de parasitosis por protozoarios, entre otros, representando una potencial infección intestinal principalmente en cachorros. En la interacción de diversos factores ecológicos, ambientales, la conducta de los propios animales, así como los hábitos inapropiados de los propietarios con respecto al adecuado manejo y disposición de las excretas de los perros se requiere tomar medidas de prevención adecuadas para minimizar problemas de salud en las mascotas (Urquhart *et al.*, 2001; Duijvestijn *et al.*, 2016; Alvarado, 2022).

Los parásitos gastrointestinales conforman un extenso y variado grupo que, al ingresar, invadir y colonizar diferentes porciones del tracto gastrointestinal, principalmente el intestino delgado compromete la homeostasis de los animales infestados. Por las particularidades que presentan cada uno de los géneros parasitarios, este tipo de agentes se deben tomar como uno de los problemas que más afectan la salud de los animales, por lo que es de vital importancia reducir el riesgo de infestación para minimizar la exposición (Conboy y Zajac, 2012; García-Sánchez *et al.*, 2014; Alvarado, 2022). Además, *Cytoisosporea* (*C. ohioensis*) constituye un problema de salud pública, principalmente en poblaciones donde existe desinformación y poca atención hacia las parasitosis

causadas por el protozoo; donde la carga parasitaria para producir infestación y daño dependerá de su patogenicidad y de otros factores inherentes importantes del hospedero (Mehlhorn, 2016).

Fayer (1980) señala que factores como la raza, edad, hábitat, condición corporal, además del estado de salud en el momento del ingreso de las parasitosis son determinantes, y es más común su ocurrencia en cachorros y en animales inmunosuprimidos, así como en canidos gerontes. El objetivo del presente trabajo fue reunir y analizar información más relevante sobre *Cytoisosporea* en perros, que pueda ayudar a los clínicos e interesados en el tema a considerar los factores, principios y acciones tendientes al manejo y cuidado de esta parasitosis en dicha especie.

REVISIÓN DE LITERATURA

En la Medicina Veterinaria es importante y fundamental saber la estructura y el aspecto general de los diferentes tipos de parásitos que existen, para poder identificar a las diferentes especies y sus estados evolutivos. La morfología de los protozoarios son los más primitivos (Gajadhar *et al.*, 2015); la motilidad de los apicomplexos ocurre a través de seudópodos, realizando su locomoción por contracciones (Quiroz, 1999).

Del Phylum Apicomplexa de interés en este trabajo son los parásitos intracelulares obligados coccidios, los cuales se describe que se transmiten primordialmente por heces contaminadas, y su forma de repro-

ducirse ocurre a través de fases asexuales y sexuales (Loker y Hofkin, 2015). La alimentación de estos protozoarios se da principalmente por el mecanismo de pinocitosis (captación de material del espacio extracelular por invaginación de la membrana); otra condición que ocurre es la fagocitosis, proceso que, a través de la membrana plasmática, entre otros orgánulos que poseen, coadyuvan a incluir las partículas alimenticias formando vacuolas donde se efectúa la digestión (Taylor *et al.*, 2013). Según Jacobs (2016), el organelo, que define al Phylum Apicomplexa, es el complejo apical que se localiza en la parte superior del ooquiste, el cual presenta estructuras, conocidas como: roptrias, conoides y microtúbulos, las cuales coadyuvan a penetrar e invadir a la célula.

Generalidades de *Cystoisospora*

Los protozoos del filo Apicomplexa de interés son parásitos intracelulares obligados que destruyen las células del intestino en el que se alojan (Bowman *et al.*, 2011). Los ooquistes de las coccidias de este género se caracterizan por tener únicamente dos esporoblastos con cuatro esporozoitos cada uno (Garanayak *et al.*, 2016). La mayoría son de vida libre se encuentran en ambiente y causan parasitismo a los canidos, y es una enfermedad parasitaria de importancia que afecta a los perros (Houk *et al.*, 2013).

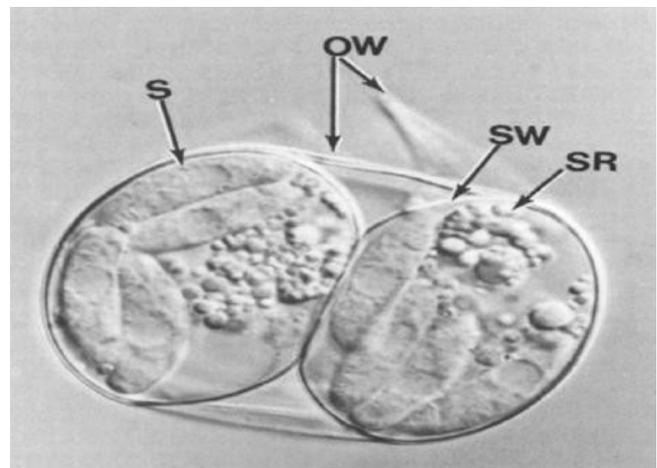
En el tema particular de *Cystoisosporiasis*, por la clasificación internacional de enfermedades, el término adecuado es coccidiosis, enfermedad de origen parasitario de importancia debida a la presencia de los protozoos del género *Cystoisospora* célula eucariota unicelular (Lindsay *et al.*, 2019). Esta parasitosis que afecta a los animales domésticos es ocasionada por protozoarios del filo Apicomplexa, del género *Cystoisospora* del cual se distinguen tres especies que pueden afectar al perro: *Cystoisospora canis*, *Cystoisospora ohioensis* e *Cystoisospora burrowsii*. *Cystoisospora* puede tener patogenicidad baja, media, moderada o alta; y esto depende de la especie y carga parasitaria involucrada (Adl *et al.*, 2005). Tomando en cuenta su morfología, se trata de ooquistes esféricos o elipsoides. El protozoo varía según la especie desde 20 a 50 μm , contienen en su interior dos esporoblastos con cuatro esporozoitos cada uno con un cuerpo residual (Del pozo- Pérez *et al.*, 2014). De acuerdo con su taxonomía de cada uno, estos se diferencian de otros (Phylum) por su complejo apical, siendo este orgánulo de importancia (Adl *et al.*, 2005).

La enfermedad, de acuerdo con los diferentes tipos de especie de coccidia, tiene que distinguirse del pseudoparasitismo derivado de los distintos hábitos alimenticios de los perros, más en los cachorros que se alojan en lugares de hacinamiento y con muy poca

sanidad (Cordero del Campillo *et al.*, 1999). En las parasitosis intestinales producidas por coccidia se agrupan según su movilidad, en este caso específico al género *Isoospora-Cystoisospora*, endoparásito que por su multiplicación en las células epiteliales del intestino provoca daño de diferente grado al hospedador (Collins *et al.*, 1983).

De acuerdo con Kirkpatrick y Dubey (1987), el tamaño del ooquiste no esporulado, para el caso de *Cystoisospora canis* es de 32-53 μm , y de 20-28 μm el de *Cystoisospora ohioensis*. Además, en microfotografía de estos mismos investigadores comparten estructuras de interés de la estructura del ooquiste de *Cystoisospora canis* (Figura 1).

Figura 1. Representación esquemática de ooquiste de *Cystoisospora canis*



Donde (S) es la posición que adapta este esporozoito en forma de banana, (OW) identifica los esporoquistes, (SW) la pared celular del esporoquiste y (SR) el cuerpo residual. Fuente: (Kirkpatrick y Dubey, 1987).

Los protozoarios pertenecientes al género *Cystoisospora* son organismos unicelulares obligados que parasitan las células intestinales: el enterocito es su órgano diana (Ballweber, 2011; Hendrix y Robinson, 2017). Al considerar su ciclo biológico, los ooquistes de este género parasitario presentan dos esporoblastos que contienen 4 esporozoitos (Taylor *et al.*, 2013). Todo inicia desde que los ooquistes no esporulados se encuentran en un ambiente propicio para la esporulación, en estos procesos hay dos fases la exógena y la endógena. La fase exógena comienza cuando el animal ingiere los ooquistes no esporulados que se encuentran en el agua o alimentos contaminados, posteriormente existe un proceso llamado desenquistamiento en el cual el esporozoito que se identifica en ese momento es la etapa infectante. La infección se presenta cuando los esporozoitos son ingeridos por el hospedero (canido) se liberan y penetran la pared intestinal (Mehlhorn, 2016; Mandal, 2017).

Ballweber (2011) y Burrell *et al.* (2020) señalan que en la fase endógena se llevan a cabo dos tipos de reproducción asexual y sexual; la primera se refiere a (merogonia o esquizogonia) que forma un meronte que contiene merozoitos (parásitos individuales), cada merozoito penetra células nuevas o vecinas del intestino desencadenando una fase sexual, produciendo microgamontes y macrogamontes respectivamente.

El mecanismo de infección de estos parásitos es la vía oral-fecal, ya que los ooquistes son encontrados exclusivamente en las heces, la transmisión indirecta puede ocurrir mediante la exposición en el ambiente contaminado con materia fecal como agua y alimentos contaminados (Bartelt y Dougherty, 2020). Como parasitosis intestinal producida por el coccidio intracelular *Cystoisospora* (anteriormente conocido como *Isospora*), parásito monoxeno, presenta un solo hospedador (Lindsay *et al.*, 2019). En primer término, en la fase de esporogonia en donde confluye de manera importante el ambiente deben de existir las condiciones climáticas adecuadas para la esporulación del ooquiste y una temperatura aproximada de más de 27 °C aproximadamente (Bartelt y Dougherty, 2020). Los ooquistes esporulados contienen cuatro esporoquistes, con dos esporozoitos, en el ciclo de vida esta hace referencia a la etapa infectante, estos parásitos necesitan una forma de energía heterótrofa, de tal manera que requieren de energía y está la consiguen en una forma compleja del carbono y nitrógeno, enzimas pancreáticas y sales biliares del hospedador (Gun y Pitt, 2012).

La forma en la cual ocurre el desenquistamiento es por un proceso químico complejo, donde interviene el dióxido de carbono (CO₂) con lo cual la pared del ooquiste se debilita, alterando la permeabilidad, entrando en acción enzimas como la tripsina y miosina provocando la ruptura y así permitiendo la liberación de los esporozoitos en el tracto gastrointestinal, para posteriormente penetrar a la célula, a través de deslizamientos conferidos por una actividad de actina-miosina, esto se produce por las proteínas que están en la porción apical del esporozoito (Chartier y Paraud, 2012).

Una vez que se une a la célula del hospedero se forma una membrana de vacuola parasitofora de los apicomplexos. La función de la vacuola es proteger al parásito contra la lisis de este (Bowman *et al.*, 2011). Una vez que el esporozoito invade la célula se transforma en trofozoito a través de divisiones que comienzan con una fisión binaria (división celular), por consiguiente, da lugar a dos células hijas, produciéndose así los esquizontes, que son estructuras alargadas que se les conoce con el nombre de merozoitos. El proceso solo ocurre en el intestino delgado del animal, la división celular se completa cuando el

merozoito madura formando microgametos y macrogametos que salen e invaden células nuevas o vecinas (Taylor *et al.*, 2013; Dubey, 2019b; Bartelt y Dougherty, 2020).

Los esquizontes son liberados y penetran a las células epiteliales del intestino para desarrollar lo que se conoce como gametogonia, que son gametocitos o en este caso particular de la reproducción sexual de los parásitos, también se les llama gamontes, y hay de dos formas: macrogametos (femeninos) y microgametos (masculinos). Los macrogametos maduran con un único gameto que invade toda la célula del hospedero llevándose a cabo la fertilización, de la cual se forma un cigoto que se transforma en ooquiste (Chartier y Paraud, 2012). Por el contrario, los microgametos maduran, abandonan la célula hospedera y se desplazan a las células que tienen los macrogametos, y se da la fertilización formándose un cigoto (ooquiste), los cuales son liberados en las heces (Barr y Bowman, 2012).

El ooquiste es resistente al ambiente, ya que su capa externa está conformada por una capa lipídica y en su interior por una capa glucoproteica que le otorga una resistencia muy alta para sobrevivir en el ambiente; no obstante, la desecación extrema y la exposición al sol de forma directa reduce la vida del ooquiste (Bartelt y Dougherty, 2020). A temperaturas “extremas”, por debajo de los -30 °C o más de 63 °C no sobreviven. Sin embargo, en otras condiciones diferentes de temperatura media, la probabilidad de sobrevivir o proliferar en el hospedero es muy alto, ya que cada ooquiste ingerido podría dar origen a millones de ooquistes viables, los cuales pueden ser excretados (Baek *et al.*, 1993; Taylor *et al.*, 2013).

Patogenia

De acuerdo con Dávila y Fernández (2017), el daño causado por *Cystoisospora* al hospedero depende del número de parásitos presentes en un sitio; al considerar que inicialmente depende del número de ooquistes esporulados ingeridos, hay destrucción de las células intestinales y existe una relación entre el grado de patogenicidad en la especie y la localización o área que penetra en la mucosa intestinal, los trofozoitos, esquizontes y gametos tienen una acción citofaga al alimentarse del citoplasma de la célula, y continua con una acción traumática al ocasionar la ruptura de las células invadidas.

En el hospedador, según su localización en las células epiteliales y subepiteliales, hay una acción exfoliativa, citofaga; traumática al destruir la célula en sus diferentes etapas de liberación de merozoitos y de gametos (Quiroz, 1999; Raza *et al.*, 2018). El ambiente es uno de los factores importantes para el desarrollo

de esta parasitosis; además del clima, la temperatura y la humedad relativa es un regulador para que se desencadene la infección por *Cystoisospora*, así como también la región geográfica, ya que lo anterior favorece o inhibe el desarrollo del parásito; adicionalmente son de interés los factores inherentes del hospedador, como es el estado inmune y el estrés al que esté sometido (Ahmed *et al.*, 2018; Finlay y Esteban, 2018).

Además, a partir de lo anterior también se involucra el daño y severidad que va a depender del número de ooquistes ingeridos; por lo tanto, si el animal ingiere un número de ooquistes menor y tiene una inmunidad alta, será una infección autolimitante, así como, si ocurriera una ingestión intermedia de forma accidental de ooquistes esporulados (Ballweber, 2011). Por el contrario, si la ingesta de ooquistes es mayor y constante, y la inmunidad del hospedero se ve comprometida hay destrucción de las células del tracto gastrointestinal, de tal forma que en esta fase de patogénesis se acciona un mecanismo primario del parásito que afecta de manera grave la salud del perro o gato afectado (Barutzki y Schaper, 2011).

La destrucción de las células epiteliales en zonas diferentes del intestino delgado, genera una acción traumática coalescente, en donde los esporozoitos invaden el epitelio intestinal de las microvellosidades, y de esta forma son ingeridos por macrófagos y llevados por ellos a través de la lámina propia de las vellosidades; la destrucción de las células epiteliales va a depender del número de ooquistes ingeridos, estos parásitos también se pueden encontrar subepitelialmente, lo que provoca lesiones de mayor gravedad como hemorragias (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Wasson, 2007).

Los trofozoítos, esquizontes y gametos se alimentan del citoplasma de la célula y ocasionan ruptura de las células que invaden, los esquizontes destruyen el epitelio, de tal manera que dejan al descubierto la propia mucosa intestinal, y a medida que las células se van desprendiendo del extremo apical de las vellosidades, no podrán ser sustituidas por nuevas células procedentes de la cripta debido a la afección parasitaria que está ocurriendo (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Urquhart *et al.*, 2001). En la mucosa intestinal la alteración en la digestión y absorción se encontrarán disminuidas o reducidas a causa del daño provocado en la superficie de las vellosidades, por la pérdida en la destrucción de las células intestinales (Bajer *et al.*, 2010; Chartier y Paraud, 2012). Debido a las alteraciones que ocasiona la invasión parasitaria en el intestino delgado, el contenido que pasa por el intestino grueso es cualitativamente anormal y su volumen sobrepasaría la capacidad de absorción de este tramo intestinal; de tal manera que los líquidos producidos por este son eliminados en forma de heces acuosas (Cordero del Campillo *et al.*, 1999; Beugnet *et al.*, 2018).

Son invadidas y destruidas las vellosidades del epitelio del intestino delgado, sobre todo el primer tercio y zona media del yeyuno; adicionalmente pueden hallarse parásitos en el fondo de las criptas del duodeno, ciego y colon. Esto se debe esencialmente a la fase asexual del parásito, la cual causa destrucción epitelial, en el ápice de las vellosidades intestinales, tal revestimiento pueden dañarlo dejando expuesta la lámina propia (Urquhart *et al.*, 1988).

Por otro lado, en la parte posterior del yeyuno es donde se forman los ooquistes, se reduce el número de células caliciformes, hay disminución de la actividad de gammaglutamil-transferasa y fosfatasa alcalina coincidiendo con la descamación de los enterocitos (Mandal, 2006; Conboy y Zajac, 2012).

Signos clínicos

Las manifestaciones de la enfermedad dependen de la ingestión de los ooquistes esporulados, sobre todo en los cachorros y animales gerontes, los cuales presentan el signo más patognomónico que es la diarrea acuosa (Stephen y Dwight, 2012; Lindsay *et al.*, 2019). Otras manifestaciones son la deshidratación, anorexia y anemia (Appelberg, 2006). La infección por *Cystoisospora* usualmente permanece con signos subclínicos que pueden desarrollarse en animales jóvenes, la infección con *Cystoisospora canis* y *Cystoisospora ohioensis* está asociada al daño en el intestino como es dolor abdominal, vómito y malestar general, si la infección es muy severa se presenta deshidratación y muerte en animales jóvenes. El daño al intestino puede retardar el crecimiento en cachorros aun cuando los signos gastrointestinales están ausentes (Raza *et al.*, 2018). No todas las especies de *Cystoisospora* son igualmente patógenas; la gravedad depende del número de ooquistes ingeridos; como se ha mencionado el principal mecanismo del parásito es la destrucción de las células hospedero (Daugochies *et al.*, 2000) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción del género de *Cystoisospora* en el intestino y grado de patogenicidad

Nombre	Especie	Localización	Lesión	Patogenicidad
C. canis	Canido	Intestino delgado y grueso	Si	Moderada
C. ohioensis	Canido	Intestino delgado	Si	Baja
C. neorivolta	Canido	Intestino delgado y grueso	No	Ninguna
C. burrowsi	Canido	Intestino delgado y grueso	Si	Ninguna

Fuente: (Dubey, 2019a).

A veces los signos clínicos incluyen diarrea sanguinolenta (hematoquecia), debido a este estado puede

ocurrir la muerte; los animales que sobreviven sufren efectos negativos a largo plazo específicamente en la tasa de crecimiento; y tiende a asociarse con estrés, coprofagia y cambios de temperatura. La diarrea a menudo sucede poco antes del inicio de la excreción de ooquistes. Después de la reinfección, los animales producen pocos ooquistes y no presentan signos clínicos. La inmunidad cruzada entre las diferentes especies de *Cystoisospora* en el mismo animal parece poco probable (Barutzki y Schaper, 2013; Mandal, 2017).

Diagnóstico

La identificación del tipo de coccidia se realiza a partir de un frotis de la mucosa del intestino del canino afectado; se pueden utilizar tinciones como: Gram, Giemsa, Wright y Azul de metileno, es relevante señalar que un diagnóstico por flotación a partir de heces diarreicas es lo más indicado (Hendrix y Robinson, 2017). En la clínica, identificar a un parásito se podría mencionar como una rutina cuando se sospecha de este tipo de agente etiológico que produce enfermedad; pero, para realizar el hallazgo directo o la detección de la respuesta inmune se requiere de personal médico calificado y con experiencia, ya que se puede confundir con otro tipo de parásitos del mismo género (Dubey, 2019a).

Completar un diagnóstico preciso debe incluir el estudio correspondiente de la enfermedad que incluye historia clínica del hospedador, examen físico y pruebas de laboratorio (López *et al.*, 2011). El diagnóstico definitivo solo se dará por medio de estudio de flotación; también suele requerirse histopatología para ver los hallazgos de las lesiones post mortem de los animales afectados (Garanayak *et al.*, 2016).

Diagnóstico coproparasitoscópico

Este método de identificación es muy útil para los médicos veterinarios, se realiza con la materia fecal fresca, se le denomina como examen coproparasitoscópico; es sencillo y facilita la determinación e identificación del género, y características en las que se encuentre el ciclo biológico del parásito (Bowman *et al.*, 2011). En el caso de los protozoarios es muy importante verificar la consistencia de la materia fecal, lo cual puede orientar al tipo de organismos que pueden estar presentes; y considerar que los trofozoítos se muestran en heces líquidas o blandas. Por el contrario, en las heces firmes se encuentran las formas de ooquiste (Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

Diagnóstico por flotación

Se fundamenta en la búsqueda de ooquistes en la materia fecal mediante la técnica de flotación de Sheather, considerando que la gravedad es superior a la de los microorganismos y por lo tanto los hace flotar, posteriormente puede realizarse la esporulación para establecer la diferencia con ooquiste de *Eimeria* spp. (Bowman *et al.*, 2011).

Diagnóstico por tinción

El uso de solución salina fisiológica en concentración al 0.9%, se utiliza precisamente para la detección de trofozoítos de estos protozoarios (Houk *et al.*, 2013). En la solución salina la materia fecal recién emitida se observa un esporoblasto y el cuerpo residual, cuando el ooquiste está inmaduro el esporoblasto no se ha formado, por lo tanto, se observa un gran número de gránulos dispersos en el citoplasma. Solo en materia fecal se puede observar el ooquiste con dos esporoblastos, que posteriormente maduran y se transforman en dos esporoquistes para dar lugar a la forma infectante (Hendrix y Robinson, 2017).

En la tinción con lugol. El ooquiste se aprecia de color amarillo pálido, por que toma muy poco la coloración de yodo, conserva las mismas características descritas para el ooquiste en solución salina (Hendrix y Robinson, 2017).

Coloración de Ziel Neelsen. La tinción ácido-alcohol resistente es útil para poder encontrar a quistes de *Cystoisospora* que suelen no ser detectados con otros colorantes. Por ser un parásito ácido alcohol resistente los esporoblastos se tiñen de color rojo intenso y la pared del ooquiste se ve delimitada por la acción de la disolución y depósito del colorante, tomando una tonalidad azul (López *et al.*, 2011).

Microscopia. Para la identificación de las especies de *Cystoisospora* se requiere el uso de un microscopio. Las dimensiones en micrómetros del ooquiste en las especies que infectan a los perros son: *Cystoisos-*

Cuadro 2. Características de las diferentes especies de *Cystoisospora*

Característica	<i>C. canis</i>	<i>C. ohioensis</i>	<i>C. neorivolta</i>	<i>C. burrowsi</i>
Localización	Intestino delgado y grueso	Intestino delgado	Intestino delgado	Intestino delgado
Vellosidad	Lamina propia	Epitelio	Lamina propia, epitelio intestinal	Lamina propia, epitelio intestinal
Reproducción asexual	3 o más	4 o más	4 o más	2
Esquizonte	Presente	Presente	Presente	No reportado
Periodo prepatente	9 -12 días	4 - 5 días	6 días	7 -11 días

Fuente: Sánchez *et al.*, (2018).

pora canis de 32 a 42 x 27; *Cystoisospora ohioensis* 19 a 27 x 18, y *Cystoisospora burrowsi* de 17 a 22 x 16 (Mehlhorn, 2016) (Cuadro 2).

Diagnóstico diferencial

En cualquier patología el diagnóstico diferencial es importante para el médico veterinario, ya que deberá apoyarse en primera instancia del historial clínico, reseña, anamnesis del paciente e información relevante como estudios de ultrasonido (Beugnet *et al.*, 2018). Para el género *Cystoisospora* se debe contar con el diagnóstico de laboratorio basado en la evidencia de ooquistes (Figura 2), por medio del examen coproparasitológico de heces frescas acuosas. El diagnóstico definitivo de la enfermedad y la relación con otras patologías que pueden llegar a cursar con signos que pueden confundir al clínico, son múltiples dentro de las que se encuentran enfermedades bacterianas, virales, hormonales o incluso neoplasias. Se deben realizar exámenes de coprocultivo para tener la certeza de la patología, utilizando la técnica de flotación (Allenspach, 2013). Estudios de Buehl *et al.* (2006) y Beugnet *et al.* (2018) señalan que no existen datos confiables sobre la incidencia de diarrea en el perro, y que la patología gastrointestinal ocupa un segundo lugar después de las alteraciones cutáneas como motivo de consulta al veterinario. La diarrea suele ser aguda o crónica y difiere en que cada canido exige un diagnóstico y una farmacoterapia diferente. La diarrea aguda es más frecuente y suele ser autolimitante, requiriendo tan sólo de tratamiento sintomático. No obstante, en algunos animales, el tratamiento sintomático resulta inefectivo y la diarrea se convierte en una patología crónica (Barr y Bowman, 2012; Allenspach, 2013).

De acuerdo con el reporte de Baruta *et al.* (2001), Gunn y Pitt (2012) y de Loker y Hofkin (2015), las patologías con las que debe diferenciarse *Cystoisospora* son: enteritis viral (Parvovirus), coronavirus, patologías sistémicas (Distemper), enfermedades bacterianas (*Campylobacter*, *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*), gastroenteritis eosinofílica, pancreatitis, mala absorción, toxicidad, obstrucción intestinal (cuerpo extraño), neoplasia (linfosarcoma). En

Figura 2. Tamaño de un ooquiste de *C. canis*



Fuente: (Hendrix y Robinson, 2017).

todos los casos de diarrea en los caninos el recuento de células sanguíneas dará un diagnóstico más de certeza, observando la presencia de eosinófilos, lo cual puede orientar a considerar se trate de casos de parasitismo y de enfermedad intestinal inflamatoria (Baruta, 2001).

Tratamiento

Para el tratamiento de esta parasitosis, se debe valorar primero la disponibilidad los medicamentos existentes, además de considerar que estén aprobados por la Food Drug Administration (FDA). Existen estudios y protocolos para mejorar los tratamientos, siendo el objetivo la pronta recuperación y salud del paciente (Gajadhar *et al.*, 2015). Mehlhorn (2016) y Ahmed *et al.* (2018) señalan que la infección por parásitos es un problema a nivel mundial, no sólo local, a veces está subvalorado en muchos países, algunos autores describen esta problemática de salud con signología de enfermedades que tienen dos o más signos parecidos que produce un cuadro parasitario, pero existe una gran cantidad de tratamientos erróneos por no tener todos los datos requeridos, como son la fuente de infección, el factor climatológico en el que vive el animal, el estado de salud del mismo y la situación de su sistema inmunológico.

Loker y Hofkin (2015) y Mandal (2017), refieren que en los tratamientos: preventivo o terapéutico, se debe tener cuidado en el manejo de los fármacos para prevenir la resistencia. Ningún tratamiento garantiza la recuperación del paciente con *Cystoisosporiasis*; sin embargo, los fármacos más efectivos son las sulfamidas, principalmente sulfadimetoxina, la administración de esta sustancia debe hacerse preferentemente por vía oral. El único tratamiento para la infección por coccidiosis o ingestión de ooquistes y que está registrado y aprobado es la sulfadimetoxina, cuya administración es de 50 a 60 mg/kg diarios por 5 días para los canidos. Uno de los fármacos utilizados en la coccidiosis grave es en suspensión (vía oral), pediátrica 40 mg sulfametoxazol/8 mg de trimetropim por mililitro durante 14 días; se puede usar con cierta restricción, ya que no se recomienda su uso por el efecto "tóxico" en el sistema urinario (formación de cristales) (Bowman *et al.*, 2011).

Uso de antiparasitarios

El toltrazuril es un coccidiostato relacionado con la triazenetriona, que ha registrado ser altamente efectivo contra coccidios (Dauguschies *et al.*, 2000). Esta sustancia inhibe la división celular de los esquizontes y microgametos, de forma que actúa sobre el desarrollo a nivel intracelular en las fases del parásito (asexual y sexual), y contra todos los estadios

intracelulares de los coccidios; el efecto que tiene este fármaco puede ser utilizado como profilaxis y terapéutico (Dauguschies *et al.*, 2000).

La dosis que se recomienda en canidos es de 50 mg/kg vía oral como única dosis, o se puede aplicar también el mismo fármaco a razón de 20 mg/kg vía oral dos veces al día por 1 a 7 días dependiendo de la mejoría del paciente, tratando de no generar resistencia por iatrogenia medicamentosa o mal uso de los medicamentos por parte del propietario. El amprolio es un fármaco que se utiliza en la prevención y terapia de diferentes tipos de coccidiosis, se ha utilizado en todo el mundo como un fármaco de los más seguros, ya que no genera efectos adversos. Es un agonista de la tiamina, esto significa que afecta a los coccidios al interferir en la actividad de la tiamina, inhibiendo la diferenciación de los merozoitos y la esporulación de los oocistos; la dosis en canidos inmunodeprimidos es de 10 mg/kg vía oral durante 4 a 5 días. La dosis de (amprolio) para canidos no inmunodeprimidos es de 300 a 400 mg/kg total de la dosis vía oral cada 24 horas durante 5 días. Se puede potencializar el efecto del amprolio con sulfadimetoxina a dosis de 150 mg/25 kg vía oral cada 24 horas durante 14 días (Garanayak *et al.*, 2016; Mandal, 2017).

Uso de antibióticos

La sulfadimetoxina es un antibiótico perteneciente a la familia de las sulfas de acción intermedia y posee gran actividad y eficacia terapéutica en las etapas iniciales de infección, actuando de manera antagónica sobre el PABA (ácido paraaminobenzoico), de forma que las sulfas interfieren con los factores de crecimiento bacterianos. Debido a que con la utilización del PABA se impide la acción de la enzima sintetasa de dihidropteroato necesario para el ácido fólico; y altera los procesos metabólicos celulares en general. Su efecto depende de la dosis, una concentración en plasma moderada de sulfonamidas será bacteriostática, más sin en cambio cuando se potencializa el efecto con otro fármaco se convierte en bactericida (Garanayak *et al.*, 2016; Mandal, 2017).

El uso de sulfadimetoxina se utiliza en el tratamiento de trastornos entéricos provocados por coccidiosis, en canidos la dosis es de 20 mg/kg cada 12 horas en un período de tiempo que va de 3 a 5 días por vía oral. El protocolo de dosis en canidos es de 50 mg/kg vía oral cada 24 horas durante 5 a 20 días. El trimetoprim - sulfametoxazol potencializa la efectividad de este tipo de sustancias, ya que tiene una doble interacción (bacteriostático y bactericida), considerando que el trimetoprim inhibe la enzima reductasa de dihidrofolato, evitando la síntesis de ácidos nucleicos. La dosis para la coccidiosis es a razón de 15 mg/kg cada 12 horas por vía oral o dosis máxima 30 mg/kg/día. La

dosis es de 15 a 30 mg/kg vía oral cada 12 horas, o si la dosis máxima es 30 mg/kg se utilizará cada 24 horas por no más de 5 días. El efecto adverso que puede originar este fármaco es el de queratoconjuntivitis seca (QCS), necrosis hepática e intoxicación al sistema urinario; además se debe tener cuidado en el uso del fármaco para las razas: Doberman y Pincher, ya que les puede causar reacciones de hipersensibilidad (Lappin, 2010). Beugnet *et al.* (2018) mencionan que el uso de la sulfas en el caso específico de sulfadimetoxina se debe manejar a razón de 55 mg/kg el primer día y los 4 días restantes a dosis de 27.5 mg/kg por día por un tiempo de cinco días de tratamiento. Considerando que las sulfas son efectivas en la primera y segunda etapa de merontes, además de que controla de manera efectiva la diarrea, pero no previene la excreción de oocistos (Garanayak *et al.*, 2016; Mandal, 2017).

Cuadro 3. Tratamientos descritos para *Cystoisosporiasis*

Fármaco	Dosis (mg/kg)	Intervalo (Horas)	Duración (Días)
Sulfadimetoxina	50-60	24	5-20
Trimetoprim - Sulfamida	100-200	8	5
Sulfadimetoxina - Ormetoprim	200	24	7-23
Amprolium	300-400	24	5
Toltrazuril	15-30	24	1-6
Ponazuril	30-50	24	1-7

Fuente: Daugschies *et al.* (2000), Garanayak *et al.* (2017), y Beugnet *et al.* (2018).

A la vez, Daugschies *et al.* (2000), Garanayak *et al.* (2017) y Beugnet *et al.* (2018), también refieren que el toltrazuril inhibe la división nuclear dentro de los parásitos en cualquier etapa intracelular del coccidio. En el canido se utiliza la combinación de toltrazuril - emodepsida que inhibe la glucoproteína P, lo que causa la parálisis de los parásitos, la dosis en canidos es de 9 mg/0.45 mg/kg vía oral (Cuadro 3).

Prevención

Este proceso va dirigido a evitar la diseminación de oocistos en el ambiente en donde estén los canidos o en las perreras. Diseñando un programa de prevención en el cual se apliquen medidas, como: sanitizar y desinfectar el lugar donde se encuentra el canido; Levantar las excretas de los perros; evitar que si son perros que viven en perreras, mantener separados a los perros infectados de los que no lo están; y, limpieza de paredes y suelo con hipoclorito de sodio al 1%

o amonio cuaternario (Gajadhar *et al.*, 2015). Houk *et al.* (2013) mencionan que un buen manejo de anticcicostatos, reduce la humedad que pueda existir en el hábitat del canido, ayudando a que los ooquistes no esporulen, así como llevar medidas de higiene para quienes manejen al canido o aquellos que se encuentren en una perrera. Por lo que es necesario el tomar medidas preventivas a las descritas.

Una nutrición adecuada y el reducir el estrés de los animales son fundamentales para evitar o disminuir al máximo la aparición de la enfermedad. La sanitización e higiene por parte del dueño del canido para levantar las excretas y mantener sus manos siempre asépticas, para que el mismo no contamine el agua y el alimento de su mascota, así como educar a la sociedad en donde se conviva con perros con dueño o sin él, que no les den alimento crudo proveniente de vacas o alimentos en mal estado será fundamental (Coggins, 1998; Urquhart *et al.*, 2001; Loker y Hofkin, 2015).

Control

La higiene en el ambiente que rodea a los canidos que son susceptibles de la parasitosis se debe tener en control eficaz para minimizar la enfermedad, ya que, los ooquistes son muy resistentes, se debe de identificar a los animales parasitados e impedir su propagación o diseminación al máximo. Los ooquistes son altamente resistentes a muchos desinfectantes, por lo tanto, se debe contar y llevar a cabo un programa de bioseguridad, aplicando métodos de desinfección eficaces como lavado de superficies, paredes o jaulas en donde se encuentre el animal, se menciona que el vapor reduce la cantidad de ooquistes (Coggins, 1998; Urquhart *et al.*, 2001; Loker y Hofkin, 2015).

Realizar exámenes coproparasitológicos de heces de los canidos que se sospeche eliminen ooquistes, es una alternativa para monitorear la situación de salud de los perros. Un desinfectante eficaz es el hipoclorito de sodio al 1% y los compuestos de amonio cuaternario (Dubey, 2019 a y b). La medida básica es la sanitización y la desinfección donde se encuentre el canido, dicha desinfección, si es un lugar abierto y se cuenta con el recurso se realiza con vapor de agua, y posteriormente una limpieza cada 24 horas. Para tener un control, también es importante identificar las diferentes especies de *Cystoisospora* (Baek *et al.*,

1993); ya que la enfermedad es de mayor prevalencia en animales jóvenes (cachorros de 6 meses de edad aproximadamente). Buehl *et al.* (2006) señalan que se debe realizar un examen fecal semestral y anual, porque sigue siendo necesario la búsqueda de ooquistes. Además, Barutzki y Schaper (2013), y Burell *et al.* (2020) mencionan que otra manera de control a llevar a cabo es la eliminación de las heces fecales de los animales y evitar el agua contaminada para los canidos; para interrumpir el ciclo de vida del ooquiste y evitar la enfermedad.

Dado que la mayoría de los ooquistes de coccidios deben permanecer en el ambiente durante unas horas para adquirir la capacidad infectante, la prevención de estos procesos resulta relativamente sencilla, evitando que los animales parasitados mantengan contacto con las heces contaminadas, y extremando las medidas de sanitización y desinfección de los lugares en donde se encuentran los animales, además de evitar que los perros consuman carne cruda (Bartelt y Dougherty, 2020).

CONCLUSIONES

Cytoisospora constituye una infección importante en la salud de los perros domésticos, y representa una potencial infección intestinal principalmente en cachorros. En criaderos con malas condiciones de higiene, pisos húmedos y fácil contaminación fecal de los alimentos, la presencia de la *Cystoisospora* es más frecuente. *Cytoisospora* tiene distribución mundial, si no se tienen las medidas correctas de desinfección e higiene puede ocasionar infección a un número elevado de canidos, debido al periodo tan corto de prepatencia en donde los ooquistes esporulan en una temperatura de entre 18 a 23 °C. La infección por *Cystoisospora canis* y *Cystoisospora ohioensis* puede asociarse con diarrea de leve a grave, dolor abdominal, vómitos y malestar general. La infección grave puede provocar deshidratación y muerte en animales jóvenes. El daño intestinal moderado puede provocar un crecimiento retardado en los cachorros, incluso cuando no hay signos gastrointestinales. La prevalencia de *Cystoisosporiasis* en las unidades de cría de canidos puede alcanzar hasta el 80% o más, la excreción de ooquistes en perros de hasta dos años puede diseminar la parasitosis exponencialmente hacia los demás perros.

REFERENCIAS

- Adl, S.M., Simpson, A.G., Farmer, M.A., Andersen, R.A., Anderson, O.R., Barta, J.R., Taylor, M.F. (2005). The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52(5): 399-451.
- Ahmed, S.A., Guerrero-Flores, M., Karanis, P. (2018). The impact of water crises and climate changes on the transmission of protozoan parasites in Africa. *Pathogens and global health*, 112(6): 281-293.
- Allenspach, K. (2013). Diagnosis of small intestinal disorders in dogs and cats. *Small Animal practice*, 43(6): 1227-1240.
- Alvarado, B.V. (2022). Toxocariosis en perros como una parasitosis emergente. Tesina de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Méx. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/112437>.
- Appelberg, R. (2006). Macrophage nutriptive antimicrobial mechanisms. *Journal of Leukocyte Biology*, 79(6):1117-1128.
- Baek, B.K., Kim, C.S., Kim, J.H., Han, K.S., Kim, Y.G. (1993). Studies on isosporosis in dogs. Isolation and sporulation of isospora ohioensis. *Korean Journal Parasitology*, 31(3): 201-206.
- Bajer, A., Bednarska, M., Rodo, A. (2010). Risk factors and control of intestinal parasite infections in sled dogs in Poland. Elsevier, Department of Parasitology, Institute of Zoology, Faculty of Biology, University of Warsaw.
- Ballweber, L. (2011). *Veterinary Parasitology The practical veterinarian*. Elsevier Books, UK. pp. 53-277.
- Barr, C.S., Bowman, D.D. (2012). *Canine and Feline infectious diseases and Parasitology*. Wiley-Blackwell's. EE.UU. pp. 169-174.
- Bartelt, A.L., Dougherty, M.K. (2020). *Giardia, Cryptosporidium and other intestinal Protozoa*. Elsevier. University of North Carolina School of Medicine. pp. 234- 246.
- Baruta, D., Ardoino, S., Marengo, M. (2001). Causas de diarrea en perros y gatos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Palma. pp. 24-29.
- Barutzki, D., Schaper, R. (2011). Results of parasitological examinations of faecal samples from cats and dogs in germany between 2003 and 2010. *Journal Parasitology*, 109(1): 45-60.
- Barutzki, D., Schaper, R. (2013). Age-dependant prevalence of endoparasites in young dogs and cats up to one year of age. *Parasitol Res*, 112(1): 119-131.
- Beugnet, F., Halos, L., Guillot, J. (2018). *Textbook of Clinical Parasitology in dog and cats*. Servert, EE.UU. pp. 85-193, 200, 329, 336, 337, 405.
- Bowman, D.D., Lynn, R.C., Eberhard, M.L. (2011). *Georgis parasitología para veterinarios*. No. 8. Elsevier. España, pp. 87-121, 301-375.
- Buehl, I.E., Prosl, H., Mundt, H.C., Tichy, A.G., Joachim, A. (2006). Canine isosporosis- epidemiology of field and experimental infections. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*, 53(10):482-487.
- Burrell, A., Tomley, F.M., Vaughan, S., Hernández, M. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of eimeria species. *Parasitology*, 147 (3): 263-278.
- Chartier, C., Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to Eimeria in sheep and goats. *A review. Small Ruminant Research*, 103(1): 84-92.
- Collins, G.H., Emslie, D.R., Farrow, B.R., Watson, A.D. (1983). Sporozoa in dogs and cats. *Australian Veterinary*, 60(10): 289-290.
- Conboy, G., Zajac, A. (2012). *Veterinary clinical parasitology*. Wiley- Blackwell, Inglaterra. pp. 171-203.
- Cordero del Campillo, M., Rojo-Vásquez, F.A. (1999). *Parasitología Veterinaria*. Mc Graw-Hill-Interamericana. España, pp. 70-79, 158-182, 615-652.
- Dauguschies, A., Mundt, H.C., Letkova, V. (2000). Toltrazuril treatment of cystoisosporosis in dogs under experimental and field conditions. *Parasitology*, 86(10):797-799.
- Dávila, G., Fernández, R. (2017). El ciclo biológico de los coccidios intestinales y su aplicación clínica. *Veterinaria México*, 60(6):40-46.
- Del pozo-Pérez, A., Rocamora, J.S., Luque, J.S., Labat, M.E. (2014). Infecciones por protozoos y toxoplasmosis. *Journal of Medicine*, 11(54):3222-3232.
- Dubey, P. (2019a). Re-evaluation of merogony of a *Cystoisospora pensiones* like coccidian and it's distinction from gametogony in the intestine of a naturally infected dog. *Parasitology*, 146(6): 740-745.
- Dubey, P. (2019b). The evolution of the knowledge of cat and dog coccidia. *Journal of Parasitology*, (23): 67-72.
- Duijvestijn, M., Mughini-Gras, L., Schuurman, N., Schijf, W., Wagenaar, J.A., Egberink, H. (2016). Enteropathogen infections in canine puppies: (Co-) occurrence, clinical relevance and risk factors. *Veterinary Microbiology*, (195):115-122.

- Fayer, R. (1980). Epidemiology of protozoan infections: the coccidia. *Veterinary Parasitology*, 6(1-3): 75-103.
- Finlay, B.J., Esteban, G.F. (2018). Protozoa. Elsevier, Queen Mary University of London. pp. 62-67.
- Gajadhar, A.A., Lalonde, L.F., Al-Adhami, B., Singh, B.B., Lobanov, V. (2015). Foodborne apicomplexan protozoa. Coccidia in foodborne parasites in the food supply. *Journal of Parasitology*, (6):101-147.
- Garanayak, N., Gupta, A.R., Patra, R.C. (2016). Successful therapeutic management of canine Isosporosis in puppies. *Journal Parasitic Diseases*, 41(1): 48-50.
- García-Sánchez, E., Valladares-Carranza, B., Talavera-Rojas, M., Velázquez-Ordóñez V. (2014). Criptosporidiosis. Importancia en salud pública. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(5):1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63633881003>.
- Gunn, A., Pitt, S. (2012). Parasitology: An integrated approach. Wiley-Blackwell, pp. 28-50, 246,266.
- Hendrix, C.M., Robinson, E.D. (2017). Diagnostic parasitology for Veterinary Technicians, No. 5. Elsevier. EE.UU. pp. 57-60, 194-198.
- Houk, A.E., O'Connor, T., Pena, H.F., Gennari, S.M., Zajac, A.M., Lindsay, D.S. (2013). Experimentally induced clinical *Cystoisospora canis* coccidiosis in dogs with prior natural patent *Cystoisospora ohioensis* - like or *C. canis* infections. *Journal of Parasitology*, 99(5):892-895.
- Jacobs, D. (2016). Principles of Veterinary parasitology. Wiley Blackwell, pp. 240-250.
- Kirkpatrick, C., Dubey, J. (1987). Enteric Coccidial Infections: Isospora, Sarcocystis, Cryptosporidium, Besnoitia, and Hammondia. *Journal Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 17(6): 1405-1420.
- Lappin, M. (2010): Update on the diagnosis and management of Isospora spp. in dogs and cats. *Top Companion Anim Med.*, 25:133-135.
- Lindsay, D.S., Dubey, J.P., Santin-Duran, M. (2019). Coccidia and other protozoa. *Journal Diseases of Swine*, (20):1015-1027.
- Loker, S., Hofkin, B. (2015). Parasitology: A conceptual approach. Garland Science, pp.194-201, 242-251.
- López, S., Calderin, V., Palacio, M. (2011). Atlas de parasitología. Corporación para investigaciones biológicas, pp. 3-65.
- Mandal, S. (2006). Veterinary parasitology at a glance. International book distributing. pp. 255-267.
- Mandal, S. (2017). Veterinary parasitology: At a glance. 2a ed. IBDC Publishers, pp. 331-411.
- Mehlhorn, H. (2016). Encyclopedia of parasitology. No 4. Springer, pp. 60, 80, 120,252, 531,632-682.
- Quiroz, R.H. (1999). Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Limusa, pp. 15-43, 59-119.
- Raza, A., Rand, J., Qamar, A.G., Jabbar, A., Kopp, S. (2018). Gastrointestinal parasites in shelter dogs: Occurrence, pathology, treatment and risk to shelterworkers. *Journal Animals*, 8(7):108.
- Stephen, B., Dwight, B. (2012). Canine and feline infectious diseases and parasitology. Blackwell's five-minute Veterinary consult. pp. 151-155.
- Taylor, M.A., Coop, R.L., Wall, R. (2013). Veterinary Parasitology. 3 ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 89-103.
- Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M., Jennings, F.W. (2001). Veterinary parasitology. 2a. ed. Blackwell Science, UK. pp. 209-250.
- Wasson, K. (2007). Protozoa. In: The Mouse in Biomedical Research. Editor(s): James G. *et al.*, 2ª ed. Academic Press, Vol. II. pp. 517-549.

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LOS EXTRACTOS ACUOSOS DE CEBOLLA (*Allium cepa*) Y CANELA (*Cinammomum verum*) SOBRE LA CINÉTICA DE FERMENTACIÓN CECAL EN CONEJOS

DETERMINATION OF THE EFFECT OF AQUEOUS EXTRACTS OF ONION (*ALLIUM CEPA*) AND CINNAMON (*CINAMMOMUM VERUM*) ON CECAL FERMENTATION KINETICS IN RABBITS

Gisela Velázquez- Garduño,¹ Angélica Jazmín Noyola-Castillo,¹ Humberto Yareth Tirado-Evangelista,¹ Tomás Jonathan Centeno-De la Cruz,¹ Carmen Alejandra Miranda-Montes,¹ Luis Enrique Jiménez Garduño,² María Antonia Mariezcurrena Berasain^{2*}

¹ Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, México.

² Universidad Autónoma del Estado de México, México.

* Autora para correspondencia: mamariezcurrenab@uaemex.mx

RESUMEN

La cunicultura se ha convertido en una de las alternativas para la alimentación y el desarrollo de la economía siendo el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) uno de los animales más explotados, debido a que posee características nutritivas, alto contenido proteico (21 -23%), por tanto un alto contenido de aminoácidos esenciales, también es una de las carnes con menos grasa, aporta 140 calorías por cada 100 g, es rico en vitaminas, además de la alta productividad del conejo y rentabilidad económica por ello a través de la cunicultura se busca producir principalmente carne blanca para el consumo alimenticio que beneficie al cuerpo humano (Agricultura, 2016; Cossu y Capra, 2016; Criado-Flórez y Deháquiz-Mejía, 2019). Sin embargo, los cunicultores enfrentan diversas dificultades, entre ellas no conocen a fondo el valor nutricional, no tienen muchos conocimientos sobre el tema, y la falta de recursos para formular una alimentación económica y equilibrada (FAO, 1986). En México, el Estado de México es el número uno en producción de carne de conejo, teniendo 45.000 vientres y produciendo 2.340 toneladas por año (FAOSTAT, 2020). Se han implementado varios métodos para mejorar la producción cunícola como son la optimización de la tecnología de inseminación artificial en esta especie, estimación de la condición corporal del animal para calcular sus reservas energéticas efectivas, Formulación y diseño de piensos experimentales mediante la utilización los fármacos, que se le adicionan en la dieta para tener un mayor desarrollo y reducir el tiempo de crecimiento, estudios de investigación básica que expliquen y modulen los procesos reproductivos/productivos (in vivo e in vitro). Actualmente se busca reemplazar los fármacos por extractos vegetales utilizando extractos de cebolla (*Allium cepa*) y canela (*Cinammomum verum*), estos vegetales aportan grandes cantidades de nutrientes como hidratos de carbono disponibles, proteínas, minerales, vitaminas y compuestos organosulfurados (metiina, alina, propiina y tiosulfatos), fenoles y aldehídos que ayudan al desarrollo y digestibilidad de los conejos (Galmarini, 2005; Beretta, 2015). Derivado de lo anterior, el objetivo es proponer una metodología in vitro para determinar el efecto de los extractos acuosos de cebolla (*Allium cepa*) y canela (*Cinammomum verum*) sobre la cinética de fermentación cecal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*).

PALABRAS CLAVE: *Allium cepa*, *Cinammomum verum*, cunicultura, in vitro.

ABSTRACT

Rabbit farming has become one of the alternatives for food and the development of the economy being the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) one of the most exploited animals, because it has nutritional characteristics, high protein content (21-23%) and, therefore a high content of essential amino acids, it is also one of the meats with less fat, It provides 140 calories per 100 g, is rich in vitamins in addition to the high productivity of the rabbit and economic profitability, therefore, through rabbit farming, it is sought to produce mainly white meat for food consumption that benefits the human body (Agricultura, 2016; Cossu y Capra, 2016; Criado-Flórez y Deházquez-Mejía, 2019). However, rabbit farmers face a few difficulties, including a lack of in-depth knowledge of the nutritional value, lack of knowledge on the subject, and a lack of resources to formulate an economical and balanced diet (FAO, 1986). In Mexico, the State of Mexico is number one in rabbit meat production, having 45 000 bellies and producing 2 340 tons per year (FAOSTAT, 2020). Several methods have been implemented to improve rabbit production such as the optimization of artificial insemination technology in this species, estimation of the body condition of the animal to calculate its adequate energy reserves, formulation and design of experimental feed through the use of drugs, which are added to the diet to have a more significant development and reduce growth time, Basic research studies that explain and modulate reproductive/productive processes (in vivo and in vitro). Currently, it is sought to replace drugs with plant extracts using extracts of onion (*Allium cepa*) and cinnamon (*Cinammomum verum*), these vegetables provide large amounts of nutrients such as available carbohydrates, proteins, minerals, vitamins, and organosulfur compounds (methine, alline, propyne and thiosulfonates), phenols and aldehydes that help the development and digestibility of rabbits (Galmarini, 2005; Beretta, 2015). Derived from the above, the objective is to propose an in vitro methodology to determine the effect of aqueous extracts of onion (*Allium cepa*) and cinnamon (*Cinammomum verum*) on the kinetics of cecal fermentation in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*).

KEY WORDS: *Allium cepa*, *Cinammomum verum*, Rabbit breeding, in vitro.

INTRODUCCIÓN

La cunicultura es el proceso de reproducción, cría y engorda de los conejos en forma económica para obtener un máximo beneficio en la venta de sus productos y subproductos (Martó, 2012). Los productos que se obtienen del conejo son: carne, piel y pelo, y subproductos como: estiércol para emplearse como fertilizante, la orina como fijador de perfumes y las vísceras comestibles como corazón, hígado y riñón se utilizan para la fabricación de alimentos balanceados de peces, gallinas, patos, pavos, cerdos y perros (Rodríguez, 2019).

En la actualidad la cunicultura en el mundo se ha convertido en una de las alternativas para la alimentación y el desarrollo económico hacia las comunidades rurales en diversas condiciones para la producción agropecuaria (Carmona, 2011). Además, la carne de conejo posee características nutritivas con potencial para una sociedad que demanda carnes menos grasosas (3.7%) y más proteicas (20.2%), dado que la carne de conejo es magra, con más proporción de proteínas que otras carnes (pollo 19%, res 16.6%, cerdo 15% y cordero 18%) (Castillo-Arteaga *et al.*, 2013; Savino, 2020).

La carne de conejo es muy saludable comparado con las carnes de otras especies animales por su composición: baja en calorías (159 cal / 100 g), bajo contenido en colesterol (47.0 mg/100 g de carne), adecuada proporción de ácidos grasos insaturados (representan el 60% del total de los ácidos grasos), alto porcentaje

en proteínas de elevado valor biológico y aminoácidos esenciales (21- 23%), riqueza en minerales (1,2- 1,3 g/100 g de carne) como el calcio y el hierro y ciertas vitaminas (B3 y B12, aporta el 77% de los requerimientos diarios de niacina y tres veces las recomendaciones diarias de B12). También tiene la ventaja de ser pobre en sodio (37 mg /1001 g de carne), ácido úrico y purinas (0 y32 mg /100 g de carne, respectivamente) (Intercun, 2015, Rodríguez, 2018). En México durante el año 2000 la cantidad de conejos en crianza era alrededor de 1 300.000 y una producción de 4,160 t de carne y para el periodo 2018 los conejos en crianza llegaron a una cantidad aproximada de 1 407.000 y una producción total de 4,483 t (FAO, 2020).

En México existía el conejo silvestre perteneciente al género *Sylvilagus*, antes de la llegada de los españoles, la raza *Oryctolagus* fue traída por los españoles durante los siglos XVI y XVII. Los españoles llevaron al conejo a otros países, criándolos como una fuente de carne. México es considerado uno de los países más ricos en cuanto a la producción de conejos teniendo más de 14 especies (Castillo-Arteaga, 2013).

A nivel mundial, China ocupa el primer lugar en producción de conejo, sin embargo, su producción está orientada a la obtención de pelo, quedando en segundo término la obtención de carne (Joya, 2016). El líder mundial de producción de carne es la Unión Eu-

ropea con aproximadamente el 50% de la producción total. Los mayores consumidores se encuentran en el continente europeo (Italia 5.3 kg/persona al año; Islas de Malta 4.3 kg, España 3 kg y Francia 2.9 kg). El consumo de carne en México es de 128 g / persona al año, mientras que la carne de pollo supera los 32 kg de consumo *per cápita*, es importante mencionar que durante la producción de conejo se suministran antibióticos preventivos para reducir las enteropatías y la mortalidad para mejorar la producción, lo que indica que el consumo de esta carne no genera daños a la salud (Chopenera, 2019).

Los alimentos consumidos por los conejos contienen sustancias nutritivas que requiere el conejo para su desarrollo y crecimiento, el cual para su proceso digestivo se compone de un tubo digestivo que está conformado por: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), ciego (válvula ileocecal o saco redondo, cuerpo y apéndice), intestino grueso (colon proximal, colon distal y recto) y el ano (Muriillo, 2006). Las particularidades del sistema digestivo de los conejos determinan que pueden ser criados con alimentos que en otras especies no rumiantes generan baja productividad (Rodríguez, 2019).

Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad *in vivo* de un alimento se determina directa e indirectamente. Durante la forma directa se realizan porciones exactas del consumo de la dieta y la excreción fecal del conejo, para después ser sometida a un tratamiento dietético, en un período de tiempo determinado. También existen desventajas en la realización de este método, en el cual uno de ellos es la contaminación entre excretas y orina; además el confinamiento de los animales reduce el músculo y probablemente al disminuir el tránsito de la digesta, se sobreestima la digestibilidad con respecto a los animales alojados en corrales (Nieves, 2008).

Digestibilidad *in vitro*

En condiciones normales de alimentación, la energía contenida en los alimentos se considera el primer nutriente limitante en cualquier sistema de ingesta de alimentos y, por lo tanto, es esencial para estimar la energía de los alimentos consumidos por los animales (Arce *et al.*, 2003). La digestión o digestibilidad se define como la cantidad de alimentos que desaparece en el tracto digestivo o en los procedimientos de laboratorio debido a la disolución o los ataques por microorganismos anaeróbicos (González García, 2017). Según lo mencionado por Farro (2012), los coeficientes de digestibilidad de los insumos son variables por diferentes factores, de los cuales aquellos que contienen un alto porcentaje de almidones, azúcares o pro-

teínas y que son fácilmente atacados por las enzimas digestivas, son alimentos muy digestibles.

La digestibilidad *in vitro* es utilizada para la determinación de la calidad de los alimentos, se aplica en la materia seca y es ampliamente difundida por que presenta una alta correlación con los resultados *in vivo*, uno de los métodos más utilizados es de Georing y Van Soest (2014) para la digestión, ya sea con equipo tradicional o con el equipo Daisy (Martínez, 2004).

La digestibilidad es uno de parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación de diferentes especies animales, debido a que no basta que la proteína u otro elemento se encuentre en altos porcentajes en el alimento (o en sus insumos) sino que debe ser digerible para que pueda ser asimilado y, por consecuencia, aprovechado por el organismo que lo ingiere (Manriquez, 2017), se ha estudiado principalmente en animales como peces, cerdos y rumiantes, sin embargo, en conejos hay muy poca investigación científica. El método de digestibilidad *in vitro* tiene dos objetivos principales, uno es la reducción de digestión que lleva a cabo el animal y verificar valores nutritivos de la dieta que ingiere el animal (Perales, 2019).

La digestibilidad y el contenido de energía son variables de acuerdo con su composición química, composición de los alimentos y al tipo de procesamiento al cual han sido sometidos (McDonald., 2011).

Dentro de la alimentación del conejo se presenta una complejidad propia de la especie y de su particular fisiología digestiva, la cecotrofia provoca al animal cambios como sensibilidad a los cambios o alteraciones dentro de su alimentación, sobre todo en animales adultos, a los cuales se les debe de introducir los nuevos alimentos poco a poco y retirar gradualmente el anterior, ya que pueden provocar estreñimiento, cambiar el pH y comienzan a crecer patógenos, se generan reacciones que producen gran cantidad de gas, lipidosis hepática y deshidratación, causando una baja productividad en las granjas durante la engorda, aumentando los costos de prevención o terapéuticos (Lázaro, 2009).

La mortalidad de conejos por infecciones en el sistema digestivo se presenta en un 71% (Selva & Corpa, 2014) en la etapa posterior al destete y esto afecta a los productores de este animal en su economía, para combatir el problema optaron por sustituir a los antibióticos por aditivos naturales extraídos de plantas (cebolla, ajo, alcachofas, trigo, cebada, centeno, plátanos, espárragos, entre otros) y aceites esenciales (coníferas, rutáceas, umbelíferas, mirtáceas, labiadas, crucíferas, rosáceas y liliáceas), estos promotores ejercen acción anti microbiana sobre los microorganismos intestinales que ayudan a estimular la secreción de enzimas digestivas, la absorción intestinal y estimulan su ingestión para mejorar el estado inmunológico del animal (Tavares, 2016).

Extractos de vegetales

Las propiedades medicinales de las plantas hacen que hayan sido empleadas a lo largo de la historia, gracias a los beneficios que aportan a la salud animal. Entre sus propiedades medicinales destaca su efecto antimicrobiano, que hace que sean consideradas una alternativa al empleo de antibióticos en alimentación animal, debido a la gran preocupación que existe acerca de la resistencia antimicrobiana, no solo en salud pública sino también en la salud animal (Covian, 2020; Corona 2016).

Las plantas y sus extractos se usan cada vez más en la nutrición animal como aperitivos, estimulantes digestivos y fisiológicos, colorantes y antioxidantes, y para la prevención y el tratamiento de ciertos medicamentos. Los extractos de plantas tienen metabolitos secundarios que ejercen una función de defensa de las plantas frente a agresiones externas, protegiendo a las plantas de organismos patógenos y herbívoros, y le sirven de defensa frente a otras plantas y otros procesos abióticos que causan estrés, como son la desecación y la radiación ultravioleta (Covian, 2020).

Los extractos vegetales mejoran los índices productivos en rumiantes, tanto como promotores de crecimiento para mejorar la producción de la leche y sus derivados. En el caso de esta especie los extractos provocan en el rumen una reducción en la población de bacterias grampositivas y de protozoos, reduciendo los niveles de amoníaco y aumentando la producción de ácidos grasos volátiles y la síntesis de proteínas microbianas (Pereira *et al.*, 2017). En conejos el uso de extractos acuosos de ajo y tomillo se han encontrado que mejora la ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal, así como el sabor de la carne (Covian, 2020).

Los extractos vegetales son obtenidos a través de la extracción de diferentes sustancias vegetales a partir de diversos procesos, como: maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias. Los principios activos presentes en cada planta son complejos fotoquímicos metabolitos secundarios, se puede encontrar gran variedad y diferentes concentraciones, por lo que sus beneficios son variados. Entre las moléculas activas de los extractos destacan los fenoles, los flavonoides, las saponinas, los terpenos, los carotenos, algunos ácidos orgánicos, los taninos y otros compuestos (Alvaro, 2008).

Tipos de extractos de plantas

En la actualidad existen diferentes técnicas de extracción de principios activos, los cuales son obtenidos de diversas partes botánicas de las plantas tales como las hojas, las flores, los tallos, las semillas, las raíces y frutos, los principales métodos de extracción

más usadas en la separación, son la obtención de extractos (como la obtención de aceites esenciales) y su purificación, usadas tanto en industrias farmacéuticas, cosméticas y alimenticias (Benitez, 2020).

Extractos de cebolla (*Allium cepa*)

La cebolla es una planta herbácea bienal de la familia de las amarilidáceas y es una de las plantas condimentarias más importantes cultivadas y consumidas en todo el mundo (Kianian, 2021). Esta planta tiene un alto potencial terapéutico, por sus compuestos organosulfurados. Estos compuestos modifican e interactúan con la fisiología del animal (Agrinews, 2017), beneficiando la prevención y tratamiento de distintas patologías, posee un carácter antibiótico por su alta actividad antimicrobiana de amplio espectro y ejercen un efecto modulador del microbiota intestinal (Guillamón, 2018).

En aves ponedoras la administración de extracto de cebolla en la dieta produjo huevos más pesados, con mayor contenido de yema de huevo y mejor calidad de albúmina. En pollos mejoró la ganancia en peso, la conversión alimenticia mejoró la absorción de nutrientes y su aprovechamiento en el metabolismo (Díaz Monroy *et al.*, 2022; Hansen, 2012; Khaled, 2021).

Extractos de canela *Cinammomun verum*

La canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) (familia: Lauraceae) es una planta perenne con una altura de 10-15 m que es local del sur de la India y Sri Lanka. Es conocida como 'Canela de Ceilán', 'Canela verdadera', 'Darchini', 'Dalchini' y 'Canela Mexicana'. El nombre Ceilán vino después del antiguo nombre de *Srilanka*, su lugar de origen (Alam, 2022; Miranda, 2013).

En pollos de engorda demostró que mejora el índice de rendimiento, mejoró la digestión y absorción de nutrimentos (Toghyani *et al.*, 2011; Kaaviya *et al.*, 2023). En contraste en corderos no mejoró el rendimiento y las características de la calidad de la carne (Simitzis *et al.*, 2014). Por lo que es necesario realizar más investigaciones sobre sus efectos sobre los parámetros productivos y calidad de carne en diferentes especies animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

Dentro del material utilizado se encuentra el alimento de conejo, que es la dieta utilizada para su crecimiento y desarrollo (conforme a la Tabla 1), el alimento se elaboró en la Facultad de Medicina

Veterinaria y Zootecnia y fue molido a través de una malla de 1mm, posteriormente se pesó 0.5g de dieta,

Tabla 1. Requerimientos nutritivos del conejo

Nutrientes	Unidad	Crecimiento
Proteína	%	13-17
Ed ¹	Kcal/Kg	2800
Fibra	%	10
Calcio	%	0.8-1.0
Fosforo	%	0.4-0.7
Magnesio	%	0.1-0.3
Potasio	%	0.5-1.4
Vitamina c	mg	200

Fuente: NCR (1990)

el cual se fue almacenado en 30 frescos color ámbar de 50ml y se registraron los datos.

Para el experimento se tomó la dieta de conejos, se alimentaron 2 veces por día (117g de peso por día) y fueron transportados al laboratorio en un recipiente esterilizado.

En el laboratorio la dieta se comprimió con la ayuda de una manta de cielo, el líquido resultante del filtrado se recogió en un vaso de precipitado de 250 mL, posteriormente se agregó la muestra madre 300 mL y se revolvió, una vez mezclado se filtró a través de una manta de cielo nueva.

Este proceso aseguro que el inóculo resultante contuviera microorganismos adheridos como no adheridos, una vez que se mezcló todo, se tomaron 25 mL de la mezcla y se inocularon 30 frascos ámbar de 50 mL que ya contenían 0.5 g de dieta para conejo, utilizando un bazo de vidrio de 25 ML y un embudo, posteriormente se le colocaron tapones de goma a los frascos para que no liberen gases.

Medios de cultivo

Los cultivos se labraron en medio B semi definido, un medio que favorece el crecimiento de todos los géneros principales de microorganismos. El medio se preparó e inoculó usando técnicas anaerobias asépticas. Las fermentaciones se realizaron en botellas de vidrio color ámbar nominalmente de aproximadamente 50 ml de capacidad, selladas con tapones de goma de butilo y sellos de aluminio. Se agregaron partículas de biomasa vegetal Cebolla (*Allium cepa*) y Canela (*Cinammomun verum*) a cada botella usando una micropipeta de 500 µL; antes de estas adiciones, las botellas se enjuagaron con H₂O.

Las botellas se esterilizaron en autoclave a 121 °C durante 15 min antes de agregar los componentes necesarios para completar el medio, cuando se requirieron para estudios de producción de gas, las bote-

llas de medio se calentaron a 39 °C, se inocularon con la suspensión microbiana y se incubaron a baño María sin agitación a 39 °C hasta el final del período de fermentación; las botellas se agitaron después de cada lectura de producción de gas y se devolvieron a su posición en la incubadora, se registraron los datos.

Mediciones de producción de gas

Se utilizaron una jeringa de 5 mL y un voltímetro de lectura digital LED (Bailey & Mackey Ltd., Birmingham, Reino Unido) para medir la presión de gas en el espacio de cabeza de los cultivos en fermentación. El voltímetro fue calibrado por el fabricante para leer unidades de presión (PSI) y fue alojado (por nosotros) en una caja de plástico. El transductor de presión se diseñó originalmente para el monitoreo continuo en línea de la presión del gas y tenía un rango de 0 a 15 PSI, con una precisión de 0,1 ± 2 % (a 25 °C). Para su uso en estudios de producción de gas, el transductor se modificó de modo que pudiera adaptarse a nuestras posibilidades para la lectura. Donde se colocó un globo en la parte superior del voltímetro para que se inyectara una aguja de jeringa desechable de 5 mL llena según la cantidad a medir, posteriormente se fueron registrando los datos de cada frasco (PSI, CH₃, CO y H₂S).

Los frascos se colocaron en un baño María a una temperatura de incubación de 39 °C y la presión del gas en el espacio superior de cada uno se ajustó a la presión ambiental antes y justo después de la inoculación con la suspensión microbiana. La presión del gas en el espacio de cabeza se leyó en la unidad de visualización después de insertar la aguja de la jeringa hipodérmica a través del tapón de goma de butilo sobre el medio de cultivo. El volumen de gas correspondiente se determinó registrando el volumen de gas desplazado en el cilindro de la jeringa al retirar el émbolo de la jeringa hasta que la presión del gas en el espacio superior volvió a la presión ambiental, como se indica mediante una lectura cero en la unidad de visualización. Después de medir la presión y el volumen, se retiró el conjunto del transductor del cierre del frasco, se descartó el gas del cilindro de la jeringa y se devolvió el frasco a la incubadora hasta la siguiente lectura. El tiempo necesario para la determinación de presiones y volúmenes fue relativamente corto, no más de 10-15 s por botella. Por lo tanto, dado que solo se retiraron unas pocas botellas de la incubadora en un momento dado, se supuso que la temperatura del gas del espacio de cabeza permaneció inalterada durante el período de medición.

Las presiones y los volúmenes se registraron de esta manera, utilizando cinco botellas de cultivo replicadas por tratamiento, a intervalos de 3 a 24 h durante el período de fermentación. Las lecturas

fueron más frecuentes durante las 48 h iniciales de incubación, cuando las presiones de gas del espacio de cabeza aumentaron más rápidamente, lo que requirió jeringas más grandes para recolectar el gas desplazado. Durante la última parte de la fermentación, cuando se produjeron cantidades relativamente

pequeñas de gas, los volúmenes de gas se midieron usando jeringas más pequeñas. Fue necesario registrar tanto las presiones como los volúmenes en los estudios de producción de gas para corregir las posibles pequeñas diferencias en los volúmenes del espacio de cabeza entre las botellas (Espinosa, 2015).

REFERENCIAS

- Alam, S. S. (2022). Antidiabetic Phytochemicals From Medicinal Plants: Prospective Candidates for New Drug Discovery and Development. *Front Endocrinol (Lausanne)*.
- Agrinews (2017). Uso de extractos de ajo y cebolla en gallinas ponedoras. *Nutrinews*.
- Alvaro, C. (2008). Extractos de vegetales utilizados como bio controladores. *Agronomía colombiana*, 87-93.
- Benitez, M. L. (2020). Métodos Físicos de Separación. *unisimon*, 7.
- Carmona, F. F. (2011). Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde. *Acta agronómica*, 8.
- Chopenera, E. (2019). Carne de conejo poco consumida pero muy saludable. *Animal Gourmet*, 10-15.
- Corona-Palazuelos, M. B.-A.-d.-R.-P.-C.-C. (2016). Influencia de la adición de extractos de Taninos al inicio de la engorda en la carga por nemátodos en becerros en corral. *Agrociencia*, 1013-1025.
- Covian, J. (2020). Extractos vegetales: la evidencia de su actividad. *The food tech*, 10-15.
- Covián, J. (2020). Extractos vegetales: la evidencia de su actividad. *the food tech*, s/n.
- Díaz -Monroy, B. L., Robalino- Hidalgo, M. J.; Baquero - Tapia, M. F: y Díaz - Arrieta, R. H. (2022). Cuatro antioxidantes y antiinflamatorios naturales en la alimentación de los pollos. *Dom Cien*. 8 (3): 393 - 407.
- Espinosa-Leal, C. T.-N.-P.-S.-M.-R. (2015). Contenido de fenoles totales y actividad anti-radical de extractos metanólicos de la planta silvestre y cultivada in vitro de *Leucophyllum frutescens*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 52-56.
- FAOSTAT (2020). Ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1-5.
- Farro (2012). Digestibilidad aparente, energía digestible y metabolizable de cascarilla de cacao, polvillo de arroz y harina de pituca (*Colocacia esculenta*) en cuyes (*Cavia porcellus*). *Univ. Nacional Agraria de la Selva*, 65.
- Ferreira Alfaya, F. J. (2015). Plantas medicinales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2. *Farmacéuticos Comunitarios*, 27-34.
- González García, U. C. (2017). Digestión Ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) ysorgo (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (*in vivo*, *in vitro* e *in sacco*). *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 183-194.
- Grover, J. K. (2002). Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. *Journal of Ethnopharmacology*, 81-100.
- Guillamon, E. (2018). Efecto de compuestos fitoquímicos del género *Allium* sobre el sistema inmune y la respuesta inflamatoria. *Scielo*, 59-62.
- Hansen, E. A. (2012). Steam-cooking rapidly destroys and reverses onion-induced antiplatelet activity. *Nutr J*, 76.
- Imran, M. S. (2021). Fisetin: An anticancer perspective. *Food Sci Nutr*, 3-16.
- Joya, N. Y. (2016). Estudio de mercado para la carne de conejo de la asociación. *Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia*, 34-39.
- K, F. M. (2021). Efficiency of Red Onion Peel Extract Capsules on Obesity and Blood Sugar. *Pak J Biol Sci*, 99-111.
- Kaaviya, A. V, Prasanth, D., D, A., P S, H., C R, H. S., Rajan, N. S., S, K., J, A., K S, A., Krishnan, R., Akash, S., Amin, R., Chakraborty, S., Chopra, H., Dey, A., Sharma, A. K., Alagawany, M., Dhama, K., & Chandran, D. (2023). Cinnamon as a Potential Feed Additive: Beneficial Effects on Poultry Health and Production Performances – An Update. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 31711(3), 444–461. [https://doi.org/10.18006/2023.11\(3\).444.461](https://doi.org/10.18006/2023.11(3).444.461)

- Kianian, F. M. (2021). Pharmacological Properties of *Allium cepa*, Preclinical and Clinical Evidences; A Review. *Iran J Pharm Res*, 258-63.
- Lazaro, I. M. (2001). Nuevas estrategias en la alimentacion del conejo . Cataluria y Costa , 87-95.
- Lázaro, I. M. (2009). Nuevas estrategias en la alimentacion del conejo. Cataluria y Costa, 51.
- Manriquez, J. A. (2017). La digestibilidad como criterio de evaluacion de alimentos – su aplicacion en peces y en la conservacion del medio ambiente. *FAO*, 8.
- Martinez. (2004). Intercomparación de resultados de digestibilidad *in vitro* obtenidos por diferentes técnicas. *Nutrición y alimentación animal*, 226-238.
- Marto, R. (2012). Situación actual del sistema de producción cunícola en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Facultad de Ciencias Agronómicas. Chiapas, México., 5.
- McDonald P, E. R. (2011). Nutrición animal. In E. R. McDonald P, *Nutrición animal* (p. 653). Zaragoza, España: Acribia .
- Miranda, L. S. (2013). Determinacion de compuestos funcionales en canela. tesis, 15-17.
- Murillo, R. G. (2006). Nutricion y alimentacion del conejo. *Cunicultura*, 50-62.
- Nieves, D. (2008). Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Compoaracion entre metodos directo e indirecto. *Bioagro*, 32-45.
- Perales, L. d. (2019). Aplicacion de tecnicas enzimaticas de digestion *in vitro*. Tesis doctoral, 87-93.
- Pereira V. et al., J. C.-B. (2017). Los extractos vegetales son una alternativa natural a los antibióticos. *Producción animal argentino*: 1-4.
- Rodriguez, B. J. (2018). Salud y carne de conejo. In M. S. Karlos Arguiñano, Guía científica y gastronomica de la carne de conejo (p. 7). España: Intercun.
- Rodríguez, D. J. (2019). Revista Mexicana de Agroecosistemas. In D. G. Rodríguez-Ortiz, Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria (p.83). Oaxaca: DEPI-ITVO
- Savino, L. (2020). La carne de conejo, una buena opción para adquirir hábitos alimenticios saludables. *Suena a Campo*, 1-5.
- Simitzis, P. E.; Bronis, M.; Charismiadou, M. A.; Mountzouris, M.C y Deligeorgis, S.C. (2014). Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Animal*. 8 (9): 1554 - 1560.
- Selva, L. V., & Corpa. (2014). Indicadores de la salud entérica. Diagnóstico diferencial de patologías digestivas en cunicultura industrial, 18.
- Singh, N. R. (2021). Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chem*, 338.
- Tavares, T. (2016). Algunas respuestas sobre colibacilosis. *Cuninews*, 20.
- Toghyani, M. Toghyan, M.; Gheisari, A.; Ghalamkari, G.; Ehbalsaied, S. (2011). Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks, *Livestock Science*, 138:167-173
- Torres G., G., Arbaiza F., T., Carcelén C., F. & Lucas A., O. (2009). Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 5-9.

INCIDENCIA DE *SALMONELLA* *TYPHIMIRIUM* EN MÉXICO: EPIDEMIOLOGÍA Y RESISTENCIA ANTIMICROBIANA

INCIDENCE OF *SALMONELLA* *TYPHIMIRIUM* IN MEXICO: EPIDEMIOLOGY AND ANTIMICROBIAL RESISTANCE

Coutiño-Guerrero A. L.,¹ Rodríguez-Pérez A.,¹ Velázquez-Ordoñez V.,¹ Varela-Guerrero J. A.*¹

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.
* Autor para correspondencia: javarela@uaemex.mx

RESUMEN

Salmonella Typhimurium presenta una elevada incidencia en México, específicamente en granjas de producción porcina. Se ha observado que, al paso de los años, la presencia de la enfermedad ha ido en aumento, siendo entonces el fenómeno de la resistencia antimicrobiana una consecuencia directa. Mediante una recopilación de datos epidemiológicos se realiza el análisis comparativo de la frecuencia del microorganismo al paso de los años en distintos Estados de México, en contraste con las estadísticas mundiales. El período analizado abarca desde 2002 hasta el 2022, por lo que se contiene un compendio de estadísticas mundiales y estatales de un aproximado de 20 años. El objetivo del estudio es comprender el proceso evolutivo y epidemiológico de este microorganismo, analizando diversos factores como son: incidencia, propagación, patrones de resistencia frente antibióticos, factores de riesgo y afecciones que provoca, denotando cómo la falta de buenas prácticas afecta el bienestar y salud de los animales de granjas porcinas.

PALABRAS CLAVE: *Salmonella Typhimurium*, epidemiología, resistencia antimicrobiana.

ABSTRACT

Salmonella Typhimurium has a high incidence in Mexico, specifically in swine production farms. It has been observed that over the years, the presence of the disease has been increasing, being then the phenomenon of antimicrobial resistance a direct consequence. Through a compilation of epidemiological data, a comparative analysis of the frequency of the microorganism over the years in different states of Mexico is carried out, in contrast with world statistics. The period analyzed covers from 2002 to 2022, so it contains a compendium of world and state statistics for approximately 20 years. The purpose of the study is to understand the evolutionary and epidemiological process of this microorganism, analyzing different factors such as: incidence, propagation, antibiotic resistance patterns, risk factors and diseases it causes, showing how the lack of good practices affect the welfare and health of pig farm animals.

KEY WORDS: *Salmonella Typhimurium*, epidemiology, antimicrobial resistance.

INTRODUCCIÓN

Algunos serotipos de *Salmonella* se encuentran principalmente distribuidos en hospederos de sangre caliente (Amavisit *et al.*, 2003), sin embargo, hay ocasiones donde un serotipo presenta predilección por un hospedero, por ejemplo: *S. Typhi* y *S. Paratyphi* A, B y C (solo afectan humanos) (Figuroa *et al.*, 2005). En el caso de aves de corral se encuentran los serotipos específicos: *S. Gallinarium* y *S. Pullorum*, los cuales pueden causar tifoidea aviar y pullorosis (diarrea blanca). También existen serotipos no tifoideos, los cuales no presentan especificidad por algún hospedero en particular destacándose *S. Typhimurium*, *S. Enteritidis* y *S. Heidelberg*, los cuales se han encontrado en el ambiente y animales de granja (Huang *et al.*, 2005). Este microorganismo es considerado como un patógeno complejo por su amplio número de serovares, rango de hospedadores y patogénesis (Parra *et al.*, 2002).

El género *Salmonella* posee una distribución mundial que afecta a animales y humanos. Se encuentra en el tracto gastrointestinal de los mamíferos domésticos y salvajes, aves, reptiles e incluso insectos (Puerta-García *et al.*, 2006). Posee una gran capacidad para producir enfermedad en el organismo afectado debido a la interacción con sus determinantes de virulencia tales como: asociación y ataque del epitelio intestinal, invasión, toxicidad y resistencia a la muerte celular (Bustos, 2005). La bacteria ingresa por cavidad oral y llega a la mucosa intestinal, se adhiere por fimbrias al epitelio intestinal en el íleon y penetra en las microvellosidades intestinales mediante endocitosis. Los principales reservorios del microorganismo son los animales de abasto, seguido de aves silvestres, roedores, insectos, peces, moluscos, tortugas y reptiles, aunque el microorganismo se encuentra de forma común en el ambiente (Baker & Dougan, 2007).

Esta bacteria se ha asociado al consumo de alimentos contaminados de origen animal; principalmente en huevos, carne, aves y leche (Rollenhagen *et al.*, 2006). Otro de los mecanismos de infección es la ingesta por vía fecal-oral, la cual ha ocasionado enfermedades como fiebre tifoidea (*Salmonella Typhi*) y salmonelosis no tifoidea (*Salmonella Enteritidis* y *Salmonella Typhimurium*); siendo esta última una de las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) más comunes, encontrándose ampliamente a nivel mundial (Baker *et al.*, 2007).

Una de las especies productivas a la que afecta *S. Typhimurium* son los porcinos. Estas pérdidas disminuyen la seguridad alimentaria de la población e incrementan los costos de la proteína animal, promoviendo la importación de canales y animales en pie (Bayas-Morejón *et al.*, 2021).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la incidencia de *Salmonella Typhimurium* en México, basada en una recopilación que busca mostrar el panorama epidemiológico del microorganismo y la necesidad de la toma de medidas de control, además de mostrar cómo se han comportado sus patrones de resistencia.

EPIDEMIOLOGÍA DE SALMONELLA

La salmonelosis es la segunda enfermedad más común transmitida por alimentos/agua, con una prevalencia mundial actual de alrededor de 27 millones de casos y cientos de miles de muertes cada año. Dependiendo del serotipo y de la efectividad que éste tenga en el hospedero, puede causar daños en el hígado, vesícula, entre otros órganos. Una vez que ha invadido el intestino, se puede desencadenar una respuesta inflamatoria dando lugar a la formación de úlceras (Lin, 2010).

Las enfermedades transmitidas por los alimentos constituyen un problema de salud pública creciente a nivel mundial. En 2015, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señaló que se enferman anualmente unos 600 millones de personas en el mundo (uno por cada diez habitantes) al ingerir alimentos contaminados con virus, bacterias, parásitos o agentes químicos y, en el 2010, se reportaron cerca de 420.000 muertes (Marcus *et al.*, 2010).

En 2004, en Dinamarca, se pudo determinar que los alimentos con mayor tendencia a provocar brotes de salmonelosis eran huevo y carne de cerdo. *Salmonella* se encontraba presente en un total de 47.1% de las muestras analizadas en estos alimentos (Pui *et al.*, 2011). Estudios realizados en la Unión Europea en el 2011 asocian más comúnmente *Salmonella* a huevos (50%) y en un 4.6% a carne de cerdo y derivados (Achtman *et al.*, 2012). En otro estudio realizado en el 2012 por el equipo de análisis de riesgos biológicos de la EFSA (BIOHAZ) demostró contrariamente que los productos provenientes de carne de cerdo tenían una mayor probabilidad de causar salmonelosis, incluso antes que los huevos, según el estudio, el 56.8% de los casos de salmonelosis humana eran atribuidos al cerdo (González, 2014).

En la Unión Europea se registró en 2011, 44.4% de incidencia de *S. Enteritidis*, y 24.9% de *Salmonella Typhimurium*. Para el 2013 se observó que mientras que los casos de *S. Enteritidis* disminuyeron con respecto a años previos, se mantuvo el mismo porcentaje del año 2011 en *S. Typhimurium*. En el caso de *Salmonella Typhimurium* monofásica hubo un aumento del 1.2% de su casos. En el 2015, en Colombia, se notificaron 10.243 casos de enfermedades transmitidas por alimentos en 858 brotes; el grupo de edad más afectado fue el de 10 a 14 años,

con una tasa de morbilidad a nivel nacional de 21,01 casos por 100.000 habitantes. Estas cifras han sido similares en años posteriores (Almachi, 2020). Desde los años 2009 a 2016, en China, se detectó *Salmonella* en 322 muestras de supermercados y la tasa de positividad del 21,03%, la cual fue superior a la del 15.70% en 284 muestras de mercados abiertos.

La prevalencia de *Salmonella* en la carne al por menor en los meses de verano y otoño: junio (2015, 40,63%), octubre (2012, 34,6%; 2016, 43,75%) fue mayor que en otras temporadas del año. Se identificaron 127 serotipos entre los aislados de *Salmonella* entérica, siendo *S. Derby* (28,48%), *S. Agona* (9,77%), *S. London* (4,97%) y *S. Enteritidis* (4,47%) los serotipos más comunes (Parkhill *et al.*, 2011). En Brasil, los principales serotipos identificados recientemente fueron *S. Typhimurium* (43%) y *S. Heidelberg* (39%). Además, fueron reportados casos de *S. Ndolo* (6%), sin informes previos de su presencia en este país (Pui *et al.*, 2011). En el caso de Cuba, *S. Enteritidis*, *S. Agona*, *S. Derby*, *S. Infantis* y *S. London* resultaron ser los serotipos más frecuentes (Achtman *et al.*, 2012).

En México las autoridades de salud han fortalecido el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINA-VE), que se encarga de recolectar información de eventos epidemiológicos, incluyendo casos de salmonelosis; los cuales son reportados semanalmente cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994 (SINA-VE) en casos en humanos y la Norma Oficial Mexicana NOM-046-ZOO-1994 (SIVE) en caso de animales. En este sentido, el SINA-VE muestra en el período comprendido de 1984 a 2017 un aumento considerable de fiebre tifoidea pasando de 7 629 a 45 280 casos; y para fiebre paratifoidea/ otras salmonelosis de 31 943 a 104 471 casos, respectivamente (Cince, 2012).

Los sistemas de vigilancia y control epidemiológicos respecto a la *Salmonella* en México suelen presentar limitaciones en las técnicas de monitoreo debido a que el diagnóstico es poco práctico en aspectos de costos, especificidad y rapidez. Debido a la elevada incidencia del microorganismo, principalmente en alimentos, la fácil propagación y la contención que implica, los casos de salmonelosis son reportados semanalmente como parte del cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos – su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente NOM-114-SSA1-1994, bienes y servicios: método para la determinación de salmonella en alimentos, indica los métodos necesarios a seguir para la toma de muestra y el análisis microbiológico mediante las bases diagnósticas de pre-enriquecimiento, enriquecimiento selectivo, aislamiento en medios de cultivo selectivos y pruebas bioquímicas (Contreras-Soto *et al.*, 2019). Desde la década de los 90, la presencia de este microorganismo la digestibi-

lidad como criterio de evaluación de alimentos – su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente en México ha sido notable, tanto es así que entre los años 2013 y 2019 se aisló *Salmonella* en el 42.76% de los alimentos de origen animal (carne de cerdo, res y pollo) (Varela-Guerrero *et al.*, 2013).

En México los serotipos más frecuentemente aislados entre 1972 y 1999 fueron: *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Derby, *Salmonella* Agona y *Salmonella* Anatum (Gutiérrez *et al.*, 2008). Entre los años 2003 y 2005 hubo un promedio de 68 000 casos de salmonelosis en México (Cortez *et al.*, 2011). En un estudio realizado por la Dra. Zaidi (*et al.*, 2006), se analizaron 109 muestras fecales de pacientes infectados por carne e intestinos de pollo, res y puerco de diferentes rastros, se obtuvo una incidencia del 12.8% de *Salmonella* no tifoidea en pacientes que presentaban diarrea y 22.2% de frecuencia de *S. Typhimurium* como serotipo más constante. Esta serovariedad fue encontrada en los diferentes animales analizados, siendo el cerdo el reservorio principal en un 10.2% de los animales analizados (Zaidi, 2006).

Entre el período de 1984 a 2017 hubo un aumento acelerado de fiebre tifoidea, según los registros del SINA-VE. De 7 629 casos que se reportaban anualmente se elevó exponencialmente hasta 45 280. En el caso de *Salmonella* entérica serovar Typhimurium, hubo un aumento de 31 943 casos a 104 471. Estos datos muestran una preocupante emergencia sanitaria respecto a la inocuidad alimenticia, el tratamiento y bienestar de los animales de producción, aunado a la problemática actual de la resistencia a antibióticos (Contreras-Soto, 2019). Hasta el 2017, los estados con mayor incidencia de *Salmonella* Typhi fueron Sinaloa y Tamaulipas. En cuanto a *S. Typhimurium*, Chiapas presentó la mayor incidencia (12.99%), Veracruz (9.37%) y Tabasco (8.31%), según datos registrados por el INEGI (Rodríguez, 2017). En Estados Unidos de América y Europea se reportan anualmente más de 1 000 000 y 100 000 respectivamente de infecciones por *Salmonella* no tifoidea, mientras que México alcanza alrededor de 70 000 casos de este padecimiento cada año (Contreras-Soto, 2019).

Según los informes semanales para la vigilancia epidemiológica de enfermedades diarreicas agudas del 2022 de la Secretaría de Salud de México, se observó en este año un aumento de casos reportados en Zacatecas, siendo este estado el de mayor relevancia ante esta enfermedad. Seguidamente se encuentran los estados de Chihuahua y Tlaxcala. Un análisis realizado en 17 de las 32 entidades federativas (53.1%), se observó un incremento de frecuencia de los casos de EDA respecto a años anteriores (Boletín epidemiológico, 2022).

México ha presentado un crecimiento exponencial respecto a la exportación de carne de cerdo; sin

embargo, los sistemas de control epidemiológico, las estadísticas registradas y las normas de bioseguridad estipuladas no son confiables ni eficaces. Por la alta demanda se propicia una producción de menor calidad, por lo que las normas de sanidad y bienestar animal no tienen la suficiente relevancia. La búsqueda de mayor producción en menor tiempo y costo propicia la presencia excesiva de enterobacterias patógenas tales como *Salmonella* (Aguilar-Bultet *et al.*, 2015).

SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA

La resistencia a antibióticos puede generarse debido a alteraciones del microorganismo propiciadas por mutaciones, ya sean cromosómicas o de transferencia de genes de resistencia. Los métodos más relevantes en la resistencia de la *Salmonella* son: plásmidos, integrones y cassettes genéticos (Rodríguez-Pérez, 2017). Según la OMS, a comienzos de los 90, se describieron las primeras cepas de *Salmonella* resistentes a antibióticos (González, 2014).

Desde el aspecto epidemiológico es necesario conocer el progreso que ha tenido la resistencia que la bacteria ha adoptado a lo largo de los años. Un seguimiento de este proceso es necesario para tomar medidas en el uso de los antibióticos e implementar otros métodos de enfrentar al microorganismo y disminuir la evolución que actualmente la *Salmonella* ha presentado frente a los antibióticos, incluso los de amplio espectro. Los antimicrobianos son útiles para el control de la salmonelosis en granjas porcinas. Actualmente, la problemática más grande frente al tratamiento de la salmonelosis son las cepas resistentes a antimicrobianos, la cual es propiciada por el uso inadecuado de estos (Sanches-Jiménez *et al.*, 2011).

Mundialmente la carne de cerdo es considerada la segunda mayormente consumida. En México, los principales productores son: el estado de Jalisco, Sonora y Puebla. En el 2020, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reportó una producción de 134 953 toneladas de carne, y la FAO registró un consumo *per capita* de 12.8 kg en 2018 (Gawade & Ghosh, 2018). La carne de cerdo se considera como el tercer bien pecuario con participación económica del país. En comparativa al consumo de este producto a nivel internacional, México es el octavo país con mayor consumo con un 1.7% del total a nivel mundial (Rivera *et al.*, 2022).

En estudios realizados en el 2002 ya se habían identificado cepas multirresistentes a antibióticos de primera línea. En África, en este mismo año, se incursionó en el uso de antibióticos que remplazarán a los de primera línea tales como cefotaxime y ceftriaxona. En Rumania, en el 2002, se aislaron cepas de *Salmonella* Typhimurium que ya presentaban genes de espectro extendido a cefalosporina. En Estados

Unidos en un estudio realizado en granjas porcinas, se encontraron genes de resistencia codificados en plásmidos conjugativos, que generaban cepas multirresistentes, se demostró que estos plásmidos favorecían la dispersión y dificultaban los tratamientos posibles (Parra, 2002).

Según los análisis de sensibilidad a antimicrobianos de la investigación realizada por Mejía *et al.*, en el 2008, en 126 aislamientos de *Salmonella* se detectó una resistencia a las sulfamidas del 54%, a las tetraciclinas del 40%, al ácido nalidíxico del 29% y a la ampicilina del 23% (Mejía *et al.*, 2006). Los mismos autores en el 2008 determinaron una sensibilidad superior al 95% para ceftriaxona, gentamicina y colistina, recalando que ninguno de los antibióticos mostró una sensibilidad del 100% (Mejía *et al.*, 2008).

Contreras en el 2019 realizó un estudio entre los años de 1968 a 2018 en México, donde observó una incidencia del 23.42% de *Salmonella* (ganado vacuno con 10.14%, aves de corral (5.63%) y cerdos (3.39%). Los serotipos que fueron encontrados fueron: Typhimurium, Oranienburg, Anatum y Arizonae (Contreras-Soto *et al.*, 2019).

En un estudio realizado en la Habana, Cuba, Rodríguez-Pérez *et al.*, en el 2017 investigaron la resistencia antimicrobiana de cepas de *Salmonella* Choleraesuis, *S. Typhimurium* y *S. Oritamerin* aisladas de ganado porcino. Se determinó que las cepas de *S. Choleraesuis* y *S. Typhimurium* presentaron poca resistencia frente al panel de antibióticos estudiados (resistencia a 2 de los 12 antimicrobianos investigados). En el caso de *Salmonella* Oritamerin mostró una resistencia elevada a casi todos los antibióticos testados (resistencia a 10 de los 12 antibióticos investigados) (Rodríguez-Pérez, 2017).

UNIDADES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO

Según la investigación realizada en el 2014 por González Clari, México a nivel mundial, durante el 2013, produjo el 9.9% de toda la carne que se consume a nivel mundial, siendo uno de los países líderes en producción de carne de cerdo. Ya en el 2020, las exportaciones de carne de cerdo de México a países como China tuvieron un crecimiento exponencial del 939% (Uddin *et al.*, 2020).

Las instalaciones de producción porcina son clasificadas en dependencia a su nivel de tecnificación y su objetivo en la producción. Se divide de tres formas: producciones tecnificadas, con un porcentaje de 40 al 50% de total de instalaciones de producción en el país (estas zonas de producción aportan 75% del total de producción nacional de carne de cerdo); unidades menos tecnificadas, las cuales ocupan el 20% de las instalaciones a nivel nacional y las unidades de traspasío con un 30% de distribución (Rivera *et al.*, 2022).

Con el aumento poblacional y las exigencias alimenticias actuales en crecimiento se estima que se requerirá una mayor producción de aproximadamente el 70% para el año 2050, lo que incita a tener sistemas con mayor producción, generando cambios en la calidad del trato hacia los animales de producción. Esto incrementa los niveles de estrés predisponiendo a los animales al desarrollo de enfermedades, que ponen en riesgo su salud, la producción y la seguridad alimenticia (Esmailnia *et al.*, 2022).

Según los datos obtenidos del Boletín Epidemiológico del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (semana 44), se informa un total de casos hasta el 5 de noviembre de 2022 de 39 295, se nota un aumento de 2 826 casos respecto a los reportados en 2021, año en el que se presentaron aproximadamente 36 469 casos totales (Figura 1).

Figura 1. Casos notificados de Enfermedades Diarreicas Agudas EDA, México 2017-2022



Fuente: Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud,

CONCLUSIONES

Debido al creciente consumo de carne de cerdo, la producción porcina ha ido en aumento. La amplia red de exportaciones e importaciones y factores como el cambio climático y el uso incontrolado de antibióticos, ha permitido que los microorganismos desarrollen mecanismos más eficaces para su adaptación a los nuevos entornos. De acuerdo con las estadísticas analizadas sobre *Salmonella* Typhimurium y su epidemiología y resistencia a los antibióticos en granjas porcinas a nivel mundial, se denota que existe una relación en el aumento de incidencia del microorganismo con el paso de los años, incidencia aunada con el crecimiento exponencial de la producción. Esto nos indica que debido a la actual demanda de producción de carne de cerdo, la incidencia de la bacteria también aumenta. México ha presentado un crecimiento exponencial respecto a la exportación de este producto, pero los sistemas de control epidemiológico, las estadísticas registradas y las normas de bioseguridad estipuladas no son confiables ni eficaces. Más preocupante aún resulta el hecho de que en diversos estudios se demostró una elevada resistencia a antibióticos por parte de este microorganismos. Por otro lado, se detectó que existen pocos estudios epidemiológicos y de seguimiento respecto a infecciones y afecciones propiciadas por la *Salmonella*.

REFERENCIAS

- Achtman, M., Wain, J., Weill, F.X., Nair, S., Zhou, Z., Sangal, V. (2012). Multilocus sequence typing as a replacement for serotyping in *Salmonella enterica*. *PLoS Pathog*, 3(7): e1002776. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002776>.
- Aguilar-Bultet, L., Sanches, F.L., Fernández, J. A. (2015). Secuenciación y ensamble *de novo* de genomas bacterianos: una alternativa para el estudio de nuevos patógenos. *Revista de Salud Animal*, 37(2): 125-132.
- Almachi, L. (2020). Determinación de serovares y perfiles de resistencia de *Salmonella* spp., aislada de contenido cecal y ganglios mesentéricos de cerdos del Camal Metropolitano de Quito. Universidad Central del Ecuador.
- Amavisit, P., Lightfoot, D., Browning, G. F., Markham, P. F. (2003). Variation between Pathogenic Serovars within *Salmonella* Pathogenicity Islands. *Journal of Bacteriology*, 185(12): 3624-3635.
- Baker, S. & Dougan, G. (2007). The Genome of *Salmonella enterica* Serovar Typhi. *Clinical Infectious Diseases*, (1): 29-33.
- Bayas-Morejón, F., Salazar-Ramos, S., Beltrán, K. & Verdezoto, L. (2021). Aislamiento e identificación molecular de *Salmonella* spp., a partir de carnes de cerdo, res y pollo recolectadas de mercados en Guaranda. *Cienc Tecn UTEQ*, 14(2): 73-76.
- Boletín epidemiológico Zacatecas. Semana Epidemiológica N° 32 Fecha: Del 04 al 10 de agosto de 2022. https://www.saludzac.gob.mx/home/docs/Salud_Publica/Epidemiologia/BOLETIN%202019/Temario/FIEBRE%20TIFOIDEA.pdf.
- Bustos, P. C. S. (2005). *Incidencia de Salmonella (Salmonella ssp) y E. coli en tres granjas porcinas ubicadas en los municipios de Fómeque y Sibate*. Bogotá: Universidad de la Salle Facultad de Zootecnia.

- Cince, B. (2012). Next-Generation Sequencing vs. Microarrays. *Genetic Engineering & Biotechnology News*, 13-18.
- Contreras-Soto, M.B., Medrano-Félix, J.A., Ibarra-Rodríguez, J.R., Martínez-Urtaza, J., Chaidez, Q.C., Castro-del Campo, N. (2018). Los últimos 50 años de Salmonella en México: Fuentes de aislamiento y factores que influyen en su prevalencia y diversidad. *Revista Bio Ciencias* 6(nesp); e540.
- Cortez, C., Arreola, G. M. A. & Escarpulli, G. C. (2011). Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 31(4):137-151.
- Esmailnia, E., Amani, J., Gargari, S.L.M. (2020). Identification of novel vaccine candidate against *Salmonella* enterica serovar Typhi by reverse vaccinology method and evaluation of its immunization. *Genomics*, 12(5): 3374-81.
- Figueroa, I.M., Verdugo, A. (2005). Mecanismos moleculares de patogenicidad de *Salmonella* spp. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 47(1-2): 25-42.
- Gawade, P. & Ghosh, P. (2018). Genomics driven approach for identification of novel therapeutic targets in *Salmonella* enterica. *Gene*, (668): 211-20.
- Gonzalez, J., Gutierrez, A, Toledo, J. (2014). Aislamiento microbiológico de *Salmonella* spp. y herramientas moleculares para su detección. *Salud univorte*, 1(30): 73-94.
- Gutiérrez Castillo, A. d. C., Paasch Martínez, L. H. & Calderón Apodaca, N. (2008). Salmonelosis y campilobacteriosis, las zoonosis emergentes de mayor expansión en el mundo. *Veterinaria México, Redalyc*, 39(1): 81-90.
- Huang D.B, W.N.J., DuPont HL. (2005). *Salmonella* Typhi (Typhoid Fever) and *S. paratyphi* (Paratyphoid Fever). *Infectious Diseases*, 623-628.
- Lin., C. (2010). Recent progress and new challenges in matagenomics for biotechnology. *Biotechnology Letters*, 1351-1359.
- Marcus, S.L. B.J.H., Pfeiter, C.G. Finlay, B. (2010). *Salmonella* pathogenicity islands: big virulence in small packages. *Microbes and Infection*, 145-156.
- Mejía, W., Velazco A., Sumani, E. (2008). Sensibilidad a los antimicrobianos de cepas de *Salmonella* aisladas en granjas porcinas del Estaso de Zulia. *Redalyc*, XVIII(6): 674-681.
- Parkhill J, Dougan G, James K, Thomson ND, Pickard D, Wain J, et al. (2011). Complete genome sequence of a multiple drug resistant *Salmonella* enteric serovar Typhi CT18. *Nature.*; 413 (6858): 848-852.
- Parra, M., Durango, J. & Máttar, S. (2002). Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones. *Revista MVZ Córdoba*, 7(2):187-200.
- Puerta-García A, M.-R.F. (2006). *Enterobacterias*. Unidad de Enfermedades Infecciosas, 1-6.
- Rivera, J., Gutierrez, G., Chibas G. (2021). Salud porcina: historia, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(12): 149-185.
- Pui, C. F., Wong, W. C., Chai, L. C., Tunung, R., Jeyaletchumi, P., Noor Hidayah, M. S., Ubong, A., Fari-nazleen, M. G., Cheah, Y. K. and Son, R. (2011). Review Article Salmonella: A foodborne pathogen. *International Food Research Journal*, 18: 465-473.
- Rodríguez A., Águila Sánchez, A., Blanco Abreu, S. Determinación de la Susceptibilidad Antimicrobiana de Cepas Vacunales de *Salmonella* spp. *Aportaciones a las ciencias alimentarias*.
- Rodríguez, A., Águila, A., Díaz, E. (2017). Determinación de patotipos de *Escherichia coli* entéricos por PCR y el antibiograma del genogrupo dominante. E-libro de la Editorial Académica Española.
- Rollenhagen, C., Bumann, D. (2006). *Salmonella* enterica highly expressed genes are disease specific. *Infect. Immun*, 74(3): 1649-1660.
- Sánchez-Jimén, M. M., Rincón-Ruiz, P. A., Duque, S., Giraldo, M. A., Ramírez-Monroy, D. M., Jaramillo, G., Cardo-na-Castro, N. (2011). *Salmonella* enterica in semi-aquatic turtles in Colombia. *J Infect Dev Ctries*, 5(5): 361-364.
- Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Dirección General de Epidemiología, Dirección General de Epidemiología. *Enfermedades Diarreicas Agudas*, 2022.
- Uddin, M.B., Hossain, S.M.B., Hasan, M., Alam, M.N., Debnath, M., Begum, R. (2020). Antimicrobial Resistance Profile and mcr-1 Gene Detection in *Salmonella* Isolates from Poultry in Bangladesh: Molecular and Bioinformatics Characterization. *BioRxiv*, 29-34.
- Zaidi, M, López, C, Calva, E. (2006). Estudios mexicanos sobre Salmonella: epidemiología, vacunas y biología molecular. *Rev Latinoam Microbiol*; 48 (2): 121-125.

USO DE EXTRACTO ACUOSO DE ALLIUM CEPA Y CINNAMOMUM VERUM COMO ANTI DIABETOGÉNICO EN MURINOS

USE OF AQUEOUS EXTRACT OF ALLIUM CEPA AND CINNAMOMUM VERUM AS ANTI DIABETOGENIC IN MURINES

Gisela Velázquez Garduño,² Luis Enrique Jiménez Garduño,¹ Angélica Jazmín Noyola-Castillo,² Humberto Yareth Tirado-Evangelista,² María Antonia Mariezcurrena Berasain^{1,*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.

² Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, México.

* Autor para correspondencia: maria.mariezcurrena@yahoo.com.mx

RESUMEN

La diabetes mellitus (DM) es una de las enfermedades con mayor prevalencia e importancia de salud pública a nivel mundial, esto por la severidad y adversidad de complicaciones crónicas que genera; en México, la DM tipo 2 es el principal problema de salud, ocasionada por un proceso de resistencia a la insulina. El tratamiento convencional para reducir los niveles de glucemia se basa en el uso de fármacos comerciales, sin embargo, la fitoterapia con especies vegetales que tienen actividad hipoglucemiante como *Allium cepa* y *Cinnamomum verum* han demostrado reducir las concentraciones séricas glucosa, el estudio de sus metabolitos secundarios brinda información necesaria para el desarrollo de un comprimido alimentario que serviría para reducir los niveles de glucemia.

PALABRAS CLAVE: Diabetes, *Allium cepa*, *Cinnamomum verum*, Hipoglucemiante

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is one of the most prevalent and important diseases in public health worldwide, due to the severity and adversity of the chronic complications it generates; in Mexico, type 2 DM is the main health problem, caused by a process of insulin resistance. Conventional treatment to reduce blood glucose levels is based on the use of commercial drugs; however, phytotherapy with plant species that have hypoglycemic activity such as *Allium cepa* and *Cinnamomum verum* have been shown to reduce serum glucose concentrations. The study of their secondary metabolites provides the necessary information for the development of a food tablet that would serve to reduce blood glucose levels.

KEY WORDS: Diabetes, *Allium cepa*, *Cinnamomum verum*, Hypoglycemic

DESARROLLO

La diabetes es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por niveles elevados de azúcar en la sangre (o azúcar en la sangre) que, con el tiempo, causan daños graves en el miocardio, los vasos sanguíneos, ojos y riñones nervios (salud O. P.)

La diabetes mellitus (DM) es considerada un problema importante de salud pública a nivel global. Se ha hecho el estimado que para el año 2030 la población afectada sea de al menos 366 millones de personas, de los cuales 70 % residirán en países de ingresos medios y bajos (Bolaños R., 2010). La diabetes es una enfermedad metabólica que se caracteriza por elevados niveles de glucosa en sangre (hiperglucemia) (Ülger *et al.*, 2020) ocasionada por una alteración absoluta o relativa de la secreción de insulina y/o a una alteración de la acción de esta hormona en los tejidos insulino dependientes (Lozano, 2006). En su etapa inicial no produce síntomas y cuando se detecta tardíamente ocasiona complicaciones de salud graves como infarto del corazón, ceguera, falla renal, amputación de las extremidades inferiores y muerte prematura (De Fronzo, 2004). Se ha estimado que la esperanza de vida de individuos con diabetes se reduce entre 5 y 10 años (Donnelly *et al.*, 2000).

Varios procesos patológicos permanecen asociados con el desarrollo de DM, aunque la mayoría de los casos tienen la capacidad de clasificarse en 2 categorías.

Para clasificar la DM se debe considerar su etiología, así como las características fisiopatológicas de la enfermedad (Aguilar, 2019). De este modo, tenemos las siguientes categorías de clasificación: 1. Diabetes tipo 1- (DMT1): ocasiona una destrucción de células beta del páncreas con un déficit de insulina). 2. Diabetes tipo 2- (DMT2): se tiene una pérdida progresiva de la secreción de insulina, además de una resistencia de esta misma. 3. Diabetes Mellitus Gestacional (DMG): se diagnostica en el segundo o tercer trimestre de gestación. Y la cuarta clasificación se debe a diabetes ocasionada por otras causas (como lo puede ser MODY, fibrosis quística, pancreatitis, así como la diabetes que es inducida por medicamentos) (Espinosa-Lira, 2020).

Cabe mencionar que la diabetes mellitus se clasifica en dos tipos, que son, tipo 1 y tipo 2. La aparición de la diabetes mellitus tipo 1 se da durante el periodo infantil y el periodo adolescente, es decir, que en promedio se da en un periodo menor a los 30 años. Es caracterizada por la alteración en la secreción de insulina y representa del 5 al 10 % de todos los casos de diabetes. Caso contrario a lo anterior, la diabetes mellitus tipo 2 es provocada por un proceso de resistencia a la insulina lo cual ocasiona un déficit

progresivo de su secreción, se caracteriza por ser la diabetes más común, representando del 90 al 96 % de los casos, como característica principal se presenta en un lapso posterior a los 40 años (Mediavilla Bravo, 2002).

El aumento de casos de DMT2 está estrechamente relacionado con el aumento de la mancha urbana, así como el aumento de la de obesidad en la población, al igual que los antecedentes familiares de diabetes, los antecedentes de diabetes de gestación, el aumento de la inactividad física y sumado a esto una dieta poco saludable (Deyno *et al.*, 2019). A nivel mundial las estadísticas permiten afirmar que la frecuencia en la presentación de diabetes tipo 2 sigue aumentando y que está afectando principalmente a la población más desfavorecida en términos sociales y económicos. Es decir que este incremento es mayor en países en vías de desarrollo (Moreno-Altamirano *et al.*, 2014). En el caso de México, el aumento de la obesidad, el sobrepeso y el comportamiento demográfico, así como el cambio en la pirámide poblacional representan un mayor número de factores riesgo para la población. Esto significa que se incrementarán la demanda de servicios de salud en un corto, mediano y también largo plazo al igual que se incrementarán los costos por su atención, principalmente debido a las complicaciones ocasionadas por DMT2 (Moreno-Altamirano *et al.*, 2014).

En México, la Diabetes mellitus tipo 2 es el problema de salud número uno. Durante 2018, según la *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*, vivían en México 82 767 605 personas de 20 años y más, de las cuales 10.32 % reportó haber sido diagnosticada con diabetes mellitus por un médico. Este tipo surge como resultado del medio ambiente y los componentes de los genes (Bello-Chavolla, 2017).

El efecto de la diabetes mellitus 2 en México sobre la mortalidad se ha incrementado. Así, en 2020 fallecieron 121.019 personas por esta causa, lo que equivale a 14 % del total de muertes (1 086 743) ocurridas en la región; 78 922 muertes en hombres (52 %) y 72 094 en mujeres (48 %). Actualmente, es la tercera causa de muerte, superada por el Coronavirus 19 y la patología cardíaca (INEGI, 2021).

Datos actuales (2021) arrojan que 13 % de las defunciones en México fueron debido a casos de diabetes (140 729), de acuerdo con las estadísticas de las personas que fallecieron por diabetes, 74.9 % no era insulino dependiente (105 395) y 2.2 % lo era (3 109). En 2021, del total de defunciones registradas por diabetes, 51 % correspondió a hombres (71 330) mientras que 49 % a mujeres (69 396). A nivel nacional, la tasa de mortalidad por diabetes mellitus fue de 11.0 por cada 10 mil habitantes (INEGI, 2022).

Metabolitos secundarios

La capacidad de las plantas para inhibir los radicales libres es importante, debido al aumento de los trastornos degenerativos, que entre otros pueden causar mutagénesis, carcinogénesis (Espinosa-Leal, 2015).

El uso de metabolitos secundarios de las plantas sirve para prevenir enfermedades humanas por sus propiedades antidiabéticas, desinfectantes naturales, antihistamínicas y antiparasitarias, así como el uso de sus extractos, incluidos los taninos, como una alternativa prometedora a los antihelmínticos sintéticos (Corona-Palazuelos, 2016).

Los taninos son un grupo de compuestos poli-fenólicos, productos del metabolismo secundario de las plantas. Puede ser hidrolizado y condensado, el primero integrado por el núcleo de glucosa con una serie de ácido tánico esterificado, puede ser hidrolizado por enzimas y ácidos; y los taninos condensados son flavonoides poliméricos unidos por enlaces carbono-carbono y también se denominan proantocianidinas (Corona-Palazuelos, 2016).

Los grupos hidroxilo y fenólicos están contenidos en la estructura química de los flavonoides, lo que les confiere excelentes propiedades para quedar el hierro y otros metales de transición y por tanto tienen una gran capacidad antioxidante. Por tanto, juegan un papel importante en la protección frente a fenómenos de daño oxidativo y tienen efectos terapéuticos en una amplia gama de patologías, entre las que se encuentran la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer (Arroyo Acevedo, 2007).

Los vegetales contienen compuestos fenólicos, flavónicos y taninos, que son pigmentos naturales que protegen al organismo humano del daño de los agentes oxidantes; están ampliamente distribuidos en hierbas, frutas, verduras y son un componente sustancial de la parte no energética de la dieta humana. Su estructura química les permite capturar los radicales libres, siendo excelentes antioxidantes; protegiendo así contra el daño oxidativo y patológicas, como el cáncer (Arroyo Acevedo, 2007).

La canela (*Cinnamomum verum*) y la cebolla (*Allium cepa*) han demostrado tener varias propiedades positivas hacia la salud entre ellas su efecto anti diabetogénico. Varios estudios han analizado esta propiedad que nos proporcionan los metabolitos secundarios de estas plantas.

Cebolla (*Allium cepa*)

Es una planta herbácea bienal de la familia de las amarilidáceas y es una de las plantas condimentarias más importantes cultivadas y consumidas en todo el mundo (Kianian *et al.*, 2021). Esta planta tiene varios

efectos farmacológicos, que incluyen propiedades anticancerígenas (Imran *et al.*, 2021), antidiabéticas (Kianian *et al.*, 2021) y antiplaquetarias (Hansen *et al.*, 2012). Los efectos hipoglucemiantes que presenta la cebolla se atribuyen a que contiene gran cantidad de n-propil disulfida (Neelakantan *et al.*, 2014), que contribuye a que se produzca una mayor secreción de insulina pancreática y/o mejora el proceso anabólico de almacenamiento de glucógeno a partir de glucosa (Ferreira Alfaya y Gallego Muñoz, 2015).

En tal sentido, la cebolla ha demostrado reducir los niveles plasmáticos de glucosa, tanto en animales (ratones y conejos), como en humanos (Taj Eldin *et al.*, 2010). Dosis de 200 mg/kg de extracto de cebolla en ratones, reducen 62.9 % los niveles de glucosa en sangre después de un periodo de 6 semanas de tratamiento. Mientras, que a una concentración de 250 mg/kg la glucosa reduce 69.7 % y, a 300 mg/kg disminuye 75 % (Eyo *et al.*, 2011).

En otro estudio se evaluaron los efectos hipoglucemiantes e hipolipemiantes de dosis crecientes de extractos acuosos en ratas; se evaluaron dosis de 200, 250 y 300 mg/kg de extractos. El aumento de las dosis de extractos produjo una dosis dependiente significativa ($P < 0.05$) en la reducción de los niveles de glucosa, lípidos y colesterol total en suero, en comparación con las ratas de control. El porcentaje de reducción más efectivo se observó a 300 mg/kg. (Ozougwu, 2009).

Actualmente varias personas buscan tratamientos con medicamentos que no tengan tantos efectos secundarios después de su toma a largo plazo, la fitoterapia es el uso de medicamentos derivados de plantas en el tratamiento y prevención de enfermedades, es una práctica médica basada en ciencia dando preparaciones fitoterapeutas específicas gracias a estudios farmacológicos, lo cual la distingue de la herbolaria que es medicina basada en la apreciación empírica de las hierbas o plantas medicinales (Heinrich, 2017). Las plantas medicinales contienen metabolitos secundarios llamados fenoles que actualmente están siendo estudiados en ensayos clínicos para identificar sus propiedades farmacológicas.

Esencialmente los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios los cuales derivan de las vías pentosa fosfato, shikimato y fenilpropanoide de las plantas (Randhir, *et al.*, 2004). Estos compuestos son uno de los grupos de fitoquímicos más abundantes, los cuales tienen una importancia considerable fisiológica y morfológicamente en las plantas. Juegan un papel fundamental en cuanto a crecimiento, reproducción y también proporcionando protección contra patógenos y depredadores (Bravo, 1998), al igual que contribuyen al color y características sensoriales de las frutas y verduras (Alasalvar, *et al.*, 2001).

Estos compuestos muestran una diversa gama de propiedades fisiológicas, como lo son los efectos anti alergénicos, antiaterogénicos, también han mostrado propiedades antiinflamatorias, así como antimicrobianos, antioxidantes, al igual que a nivel cardiovascular muestran propiedades antitrombóticos, cardioprotectores y vasodilatadores (Benavente *et al.*, 1997; Manach, *et al.*, 2005; Middleton, *et al.*, 2000; Puupponen-Pimia *et al.*, 2001; Samman, *et al.*, 1998). Estos a su vez se han asociado con beneficios para la salud humana derivado del consumo de una dieta saludable con alto contenido de frutas y verduras (Hertog, *et al.*, 1993; Parr y Bolwell, 2000). También cabe destacar la técnica por la cual se estimó el contenido de fenoles totales la cual fue el método colorimétrico de Folin- Ciocalteu (Bin Shan 2005).

Hay diferentes tipos de cebolla acorde el color del bulbo (Gurrola, 2016), que es la parte comestible de este vegetal, tenemos los colores comerciales: blanca, amarilla dorada, morada, rosa y roja. Dos subgrupos principales de flavonoides son las antocianinas, la quercetina y los derivados de la quercetina, que imparten diferentes colores a la piel de las cebollas, desde amarillo hasta morado (Medina, 2008; Sagar *et al.* 2022).

Además del n-propil disulfida tiene diversos compuestos bioactivos como sustancias poli fenólicas, ácidos fenólicos, flavonoides (quercetina, fisetina), ácido ascórbico y compuestos azufrados, lo cuales son responsables de su color, sabor y aroma, así como de sus propiedades como fuerte antioxidante para neutralizar el estrés oxidativo de las células convirtiéndose en un vegetal con efectos anti-diabético, con propiedades hipotensoras e hipolipidémicas que nos beneficiaran para mejorar la salud de quien los consume (Dorrigiv, *et al.*, 2020).

Canela (*Cinnamomum verum*)

Es una planta perenne con una altura de 10-15 m que es local del sur de la India y Sri Lanka. Aparte de estos lugares, está ampliamente distribuida en otros países de Asia, Australia, el caribe y África, pero más notablemente en China, Indonesia, Madagascar, Vietnam y Birmania. Es conocida como Canela de Ceilán, Canela verdadera, 'Darchini', 'Dalchini y Canela Mexicana (Alam *et al.*, 2022).

El principal componente de la canela es el cinnaldehído (Pham *et al.*, 2007) que puede mejorar la absorción de glucosa elevando la cantidad de AKT2 (RAC-beta serina/treonina-proteína quinasa) (Galavi *et al.*, 2021) y la óxido nítrico sintasa-aórtica3 (eNOS), sustrato del receptor de insulina 1 (IRS1) y subunidad reguladora p-85 de la fosfoinositol 3-quinasas (PI3K-P85), mientras que al mismo tiempo reduce la expresión de la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADPH) oxidasa 4 (NOX4) que eventual-

mente equilibra el aumento de la concentración de glucosa (Singh *et al.*, 2021).

Las propiedades medicinales actuales atribuidas a la canela incluyen propiedades hipoglucemiantes, antioxidantes, antibacterianas, astringentes y anti-espasmódicas, y se utilizan en bronquitis crónica, impotencia, disnea, inflamación ocular, vaginitis y procesos reumatoideos. y neurología (Neyra-Espinoza, Espinoza-Portilla, & Soriano-Chavez, 2020). Desde el punto de vista de la efectividad de esta planta como agente anti-diabético, el extracto metanólico de *C. verum* puede suprimir la actividad de la α -glucosidasa y la α -amilasa (El-Desoky, 2012).

Al añadir los extractos acuosos de *Allium Cepa* se pretende que esta ayude a producir una mayor secreción de insulina en el cuerpo debido a que, esta planta tiene varios efectos farmacológicos, los cuales incluyen propiedades anticancerígenas (Imran *et al.*, 2021), anti-diabéticas (K, 2021), y antiplaquetarias (HANSEN, 2012).

Los efectos hipoglucemiantes que están presentes en la *Allium cepa* se atribuyen a que contiene gran cantidad de n-propil disulfida (Neelakantan *et al.*, 2014), la cual se caracteriza por tener una mayor producción en la secreción de insulina pancreática y/o mejorar el proceso anabólico de almacenamiento de glucógeno a partir de glucosa (Ferreira Alfaya, 2015).

El uso de solventes para extracción de plantas medicinales también es conocido como "menstruum", para la elección del solvente dependerá del tipo de planta, la parte a extraer y la naturaleza de sus compuestos bioactivos. (Abubakar y Haque, 2020).

Un solvente es una sustancia química en la que otros materiales se disuelven para formar una solución. Normalmente los solventes son líquidos, pero también pueden ser sólidos, gas o fluido supercrítico. Estos se dividen en polares que significa que tienen un polo positivo y uno negativo y no polares que significa que no tienen o un polo positivo o uno negativo (Abubakar y Haque, 2020). El agua es el solvente polar universal más común por su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias ya que estas se disuelven cuando interactúan con las moléculas altamente polares del agua (Universidad de Murcia, 2022).

Los métodos comúnmente usados para la extracción de plantas medicinales son por extracción con solventes de forma discontinua se clasifican: a) maceración: la planta o material en polvo se coloca dentro de recipiente con el menstruo y se vierte hasta cubrirlo completamente, se cierra el recipiente y se mantiene tres días, revolviendo periódicamente para asegurar la extracción. Posteriormente la micela se separa de la materia sólida por filtración o decantación; b) la infusión es un proceso similar a la maceración el polvo se coloca en un recipiente limpio con el solvente de extracción caliente o frío hasta cubrirlo

todo, se deja por un breve periodo de tiempo, este método se usa para componentes bioactivos fácilmente solubles; c) digestión: este método de extracción implica el uso de calor moderado a baño maría (50 °C) para el proceso de extracción; d) decocción es un proceso que involucra extracción continua en solvente caliente usando un volumen específico del mismo, el material puede estar seco o pulverizado, se vierte y agita mientras este se sigue calentando por 15 minutos (Abubakar y Haque, 2020).

Acorde al medio en el que está macerado el extracto se clasifican en glicólicos que son macerados principalmente en propilenglicol, oleosos que son macerados en aceite vegetal, hidrosolubles que son macerados en glicerina o agua y los hidroalcohólicos o tinturas que son macerados en alcohol etílico de diferentes graduaciones según el bioactivo a extraer. La clasificación de extractos dependiendo el grado de concentración del solvente extractivo es: a) extractos fluidos o líquidos son preparaciones que contienen alcohol o agua como disolvente de tal manera que cada mililitro contiene los constituyentes extraídos de 1g de material; b) extracto seco: se obtiene evaporando el solvente hasta obtener polvo; c) extracto semisólido o blando tiene una proporción alta de material vegetal en proporción al disolvente generando un producto de textura semi-

sólida que no moja el papel filtro; d) crioextractos es por molturación del material vegetal correctamente desecado y sometido a congelación (196 °C) con nitrógeno líquido, es útil para la obtención de proteínas y enzimas de ciertas especies (Amaguña Rojas, 2018).

CONCLUSIONES

Recientes estudios han demostrado que la cebolla (*Allium cepa*) tiene efectos farmacológicos antidiabéticos debido a su efecto hipoglucemiante, esta propiedad se le atribuye a que contiene gran cantidad de disulfuro propilo de alilo (C₃H₅-SC₃H₇), que contribuye a que se produzca una mayor secreción de insulina pancreática y/o mejora el proceso anabólico de almacenamiento de glucógeno a partir de glucosa. Asimismo, la canela (*Cinnamomum verum*) tiene polifenoles con propiedades antidiabéticas (Allen *et al.*, 2013) que ayudan a la renovación de las células beta que conduce a acciones de hipoglucemia e hipolipidemia. Dado lo anterior es importante buscar alternativas para controlar los niveles de glucosa en la sangre, como el uso de la cebolla (*Allium cepa*) (Jung *et al.*, 2011) y canela (*Cinnamomum verum*) (Kirkham *et al.*, 2009). Los extractos acuosos de estas plantas representan una buena alternativa económica y de baja toxicidad.

REFERENCIAS

- Aguilar Salinas, C. A., (2019). Clasificación de la diabetes mellitus. *Revista de la asociación Latinoamericana de Diabetes*. 2 (7).
- Aguilar Salinas, C. A., (2019). Epidemiología de la diabetes tipo 2 en Latinoamérica. *Revista de la asociación Latinoamericana de Diabetes*. 1 (1).
- Allen, R. W., Schwartzman, E., Baker, W. L., Coleman, C. I. y Phung O. J., (2013). Cinnamon use in type 2 diabetes: an updated systematic review and meta-analysis. *The Annals of Family Medicine* [en línea]. 11 (5): 452–459. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1370/afm.1517
- Amaguña Rojas, J. F., (2018). *Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (calendula officinalis)* [Tesis]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Arroyo Acevedo, J. L. (2007). Compuestos fenólicos de la fracción metanólica de *Bidens pilosa*, sobre la neoplasia gástrica, inducida en ratas. *Anales de la Facultad de Medicina*: 105-112.
- Bello-Chavolla, O. Y., Rojas-Martinez, R., Aguilar-Salinas, C. A. y Hernández-Avila, M., (2017). Epidemiology of diabetes mellitus in Mexico. *Nutrition Reviews* [en línea]. 75 (suppl 1): 4–12. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1093/nutrit/nuw030.
- Bello-Chavolla, O. Y.-M.-S.-A. (2017). Epidemiology of diabetes mellitus in Mexico. *Nutr Rev*: 4-12.
- Corona-Palazuelos, M. B.-A.-d.-R.-P.-C.-C. (2016). Influencia De La Adición De Extractos De Taninos Al Inicio De La Engorda En La Carga Por Nemátodos En Becerros En Corral. *Agrociencia*: 1013-1025.
- DeFronzo, R. A., (2004). Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Medical Clinics of North America* [en línea]. 88 (4): 787–835. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.mcna.2004.04.013.
- Deyno, S., Eneyew, K. Seyfe, S., Tuyiringire, N., Peter, E. L., Muluye, R. A., Tolo, C. U. y Ogwang, P. E., (2019). Efficacy and safety of cinnamon in type 2 diabetes mellitus and pre-diabetes patients: A meta-analysis and meta-regression. *Diabetes Research and Clinical Practice* [en línea]. 156: 107815. [Consultado el 22

de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.diabres.2019.107815.

Diagnosis and classification of diabetes mellitus [en línea], (sin fecha). *National Center for Biotechnology Information*. [Consultado el 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2613584/pdf/S62.pdf>

Donnelly, R., Emslie-Smith, A.M., Gardner, I. D & Morris, A. D (2000). ABC of arterial and venous disease: Vascular complications of diabetes. *BMJ* [en línea]. 320 (7241): 1062–1066. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1136/bmj.320.7241.1062.

Dorrigiv, M., Zareiyani, A. y Hosseinzadeh, H., (2020). Onion (*Allium cepa*) and its Main Constituents as Antidotes or Protective Agents against Natural or Chemical Toxicities: A Comprehensive Review. *Revista iraní de investigación farmacéutica*. Vol. 20 (1): 22037.

Eldin, I. M. T., Ahmed, E. M. y Abd, E. H. M., (2010). Preliminary study of the clinical hypoglycemic effects of *allium cepa* (red onion) in type 1 and type 2 diabetic patients. *Environmental Health Insights* [en línea]. 4, EHI. S5540. [Consultado el 3 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.4137/ehi.s5540.

Espinosa-Leal, C. T.-N.-P.-S.-M.-R. (2015). Contenido de fenoles totales y actividad anti-radical de extractos metanólicos de la planta silvestre y cultivada in vitro de *Leucophyllum frutescens*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*: 52-56.

Espinosa-Lira, F., (2020). Resumen de clasificación y diagnóstico de la diabetes. *Sinapsis Mx*. 1 (1): 6.

Ferreira Alfaya, F. J. (2015). Plantas medicinales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2. *Farmacéuticos Comunitarios*: 27-34.

F. Mahmoud, K., Hammouda, A. Z., S. Ali, H. y A. Amin, A., (2021). Efficiency of red onion peel extract capsules on obesity and blood sugar. *Pakistan Journal of Biological Sciences* [en línea]. 24(1): 99–111. [Consultado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.3923/pjbs.2021.99.111.

Gaber E. El-Desoky, (2012). Antidiabetic and hypolipidemic effects of Ceylon cinnamon (*Cinnamomum verum*) in alloxan-diabetic rats. *Journal of Medicinal Plants Research* [en línea]. 6 (9). [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.5897/jmpr11.1472.

Galavi, A., Hosseinzadeh, H. y Razavi, B., (2021). The effects of *Allium cepa* L. (onion) and its active constituents on metabolic syndrome: A review. *Iranian journal of basic medical sciences*. 24(1): 3–16.

Gallego Muñoz, C. y Ferreira Alfaya, F. J., (2015). Plantas medicinales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2: una revisión. *Farmacéuticos Comunitarios* [en línea]. 7 (4): 27–34. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.5672/fc.2173-9218.(2015/vol7).004.05.

Gökmen Ülger, T. y Pınar Çakiroglu, F., (2020). The effects of onion (*Allium cepa* L.) dried by different heat treatments on plasma lipid profile and fasting blood glucose level in diabetic rats. *Avicenna journal of phytomedicine*. 10 (4): 325–323.

Goldenberg, R. y Punthakee, Z., (2013). Definition, classification and diagnosis of diabetes, prediabetes and metabolic syndrome. *Canadian Journal of Diabetes* [en línea]. 37, S8–S11. [Consultado el 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.jcjd.2013.01.011.

Grover, J. K., Yadav, S. y Vats, V., (2002). Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. *Journal of Ethnopharmacology* [en línea]. 81 (1): 81–100. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/s0378-8741(02)00059-4.

Gurola, V., (2016). Capacidad antioxidante de diferentes variedades de cebolla (*allium cepa* l.) Y la correlación con su perfil espectroscópico *Universidad Autónoma de Nuevo León*

Hansen, E. A., Folts, J. D. y Goldman, I. L., (2012). Steam-cooking rapidly destroys and reverses onion-induced antiplatelet activity. *Nutrition Journal* [en línea]. 11 (1). [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1186/1475-2891-11-76.

Heinrich, M., (2013). Phytotherapy | medicine [en línea]. *Encyclopedia Britannica*. [Consultado el 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/phytotherapy>.

Imran, M., Saeed, F., Gilani, S. A., Shariati, M. A., Imran, A., Afzaal, M., Atif, M., Tufail, T. y Anjum, F. M., (2020). Fisetin: an anticancer perspective. *Food Science & Nutrition* [en línea]. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1002/fsn3.1872.

Jung, J. Y., Lim, Y., Moon, M. S., Kim, J. Y. y Kwon, O., (2011). Onion peel extracts ameliorate hyperglycemia and insulin resistance in high fat diet/streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition & Metabolism* [en línea]. 8 (1): 18. [Consultado el 24 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1186/1743-7075-8-18.

Kerner, W. y Brückel, J., (2014). Definition, classification and diagnosis of diabetes mellitus. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* [en línea]. 122 (07): 384–386. [Consultado el 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1055/s-0034-1366278.

Kianian, F., Matefati, N., Boskabady, M., Zahra, S. y Hosein, M., (2021). Pharmacological properties of

- allium cepa*, preclinical and clinical evidence; A review. *Iranian journal of pharmaceutical research*. 107–134.
- Kirkham, S., Akilen, R., Sharma, S. y Tsiami, A., (2009). The potential of cinnamon to reduce blood glucose levels in patients with type 2 diabetes and insulin resistance. *Diabetes, Obesity and Metabolism* [en línea]. 11 (12): 1100–1113. [Consultado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1111/j.1463-1326.2009.01094.
- Lozano, J. A., (2006). Diabetes mellitus tipos, autocontrol, alimentación y tratamiento. *Offarm*. 25 (10): 11–146.
- Mediavilla Bravo, J. J. (2002). la diabetes mellitus tipo 2. *Medicina integral*, 25-35.
- Medina Peña, J., (2008). *Cebolla*. Impresa, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Moreno-Altamirano, L., García-García, J. J., Soto-Estrada, G., Capraro, S. y Limón-Cruz, D., (2014). Epidemiología y determinantes sociales asociados a la obesidad y la diabetes tipo 2 en México. *Revista Médica Del Hospital General De México* [en línea]. 77 (3): 114–123. [Consultado el 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.hgmx.2014.07.002.
- Neelakantan, N., Narayanan, M., de Souza, R. J. y van Dam, R. M., (2014). Effect of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) intake on glycemia: a meta-analysis of clinical trials. *Nutrition Journal* [en línea]. 13(1). [Consultado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1186/1475-2891-13-7.
- Neyra-Espinoza, C. D., Espinoza-Portilla, D., & Soriano-Chavez, G. (2020). Efecto Hipoglicémico De La Canela *Cinnamomum Verum* En Ratas Inducidas A Hiperglicemia Con Estreptozocina. *Medicina Naturista*, 2.
- Ozougwu, J., Nwachi, U. y Eyo, J., (2009). Comparative hypolipidaemic effects of *allium cepa*, *allium sativum* and *zingiber officinale* aqueous extracts on alloxan-induced diabetic *rattus norvegicus*. *Bio-Research* [en línea]. 6 (2). [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.4314/br.v6i2.28672.
- Pham, A. Q., Kourlas, H. y Pham, D. Q., (2007). Cinnamon supplementation in patients with type 2 diabetes mellitus. *Pharmacotherapy* [en línea]. 27 (4): 595–599. [Consultado el 25 de octubre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1592/phco.27.4.595.
- R Abubakar, A. y Haque, M., (2020). Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *J Pharm Bioall Sci*. 12 (1).
- Rodríguez Bolaños, R. d. I. Á., Reynales Shigematsu, L. M., Jiménez Ruíz, J. A., Juárez Márquez, S. A. y Hernández Ávila, M., (2010). Costos directos de atención médica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en México: análisis de microcosteo. *Revista Panamericana de Salud Pública* [en línea]. 28 (6): 412–420. [Consultado el 24 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1590/s1020-49892010001200002.
- Sagar, N. A., Pareek, S., Benkeblia, N. y Xiao, J., (2022). Onion (*Allium cepa* L.) bioactives: Chemistry, pharmacotherapeutic functions, and industrial applications. *Food Frontiers* [en línea]. [Consultado el 26 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1002/fft2.135.
- Salud, O. P. (s.f.). Diabetes. Organización Mundial de la Salud.
- Singh, N., Rao, A. S., Nandal, A., Kumar, S., Yadav, S. S., Ganaie, S. A. y Narasimhan, B., (2021). Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chemistry* [en línea]. 338, 127773. [Consultado el 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127773.
- Universidad de Murcia, (2022) Propiedades físico-químicas del agua <https://www.um.es/molecula/sales02.htm>
- Zare, R., Nadjarzadeh, A., Zarshenas, M. M., Shams, M. y Heydari, M., (2019). Efficacy of cinnamon in patients with type II diabetes mellitus: a randomized controlled clinical trial. *Clinical Nutrition* [en línea]. 38 (2): 549–556. [Consultado el 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: doi: 10.1016/j.clnu.2018.03.003.

ESTADO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA EN MÉXICO

STATE OF THE DAIRY INDUSTRY IN MEXICO

Pascual-Alvarado E.,¹ Perea-Peña M.^{1*}

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
* Autor para correspondencia: mauricio.perea@umich.mx

RESUMEN

La industria láctea en México es una de las actividades económicas que se ha desarrollado en los últimos años, sobre todo por su relevancia respecto a satisfacer las necesidades alimentarias. En el presente artículo se describe su panorama actual, así como los eslabones que se presentan en la misma y algunas reflexiones acerca de potenciales oportunidades para un desarrollo integral de esta actividad.

PALABRAS CLAVE: Leche, derivados lácteos, industria láctea

ABSTRACT

The dairy industry in Mexico is one of the economic activities that has developed in recent days, which is relevant to satisfy the food needs. The present article describes the actual state of this industry, the links that are presented in it and some reflections about potential opportunities for the integral development of this activity.

KEY WORDS: Milk, dairy products, dairy industry

DESARROLLO

Una de las actividades más importante para la economía mexicana es la ganadería lechera como actividad primaria, lo que incluye a cada uno de los eslabones de industrialización y comercialización de la leche fluida y sus derivados (Loera y Banda, 2017). De acuerdo con datos del Gobierno de México, esta industria ha ido en crecimiento en los últimos años, con una tasa de incremento en promedio de 1.3 % anual desde la década de los noventa y con un repunte promedio de 2 % en 2021 y 2022, cerrando en estos años con una producción de 12,841,524 y 13,113,000 toneladas respectivamente. Resulta relevante mencionar que la mayor producción a nivel nacional se concentra en los siguientes estados: Jalisco (20.1 %), Coahuila (11.6%), Durango (11.4%) y Chihuahua (9.6 %), lo que significa que entre estos producen el 52.7 % del total nacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

De acuerdo con la Federación Mexicana de Lechería (2022), en el país predominan los pequeños y medianos productores, distribuidos de la siguiente manera: de un total de 257 mil, presentes en todos los estados de la República, 121 mil 538 tienen 30 vacas o menos; 28 mil 127 tienen entre 31 y 100; 1022 cuentan con un hato de 101 a 600 vacas y 421 productores tienen más de 600 cabezas. El resto, 105 mil 541, cuentan con vacas de doble propósito (ganado y leche).

Derivado de lo anterior, es importante señalar que, en el país, la producción primaria de leche se puede dividir en dos categorías: la ordeña artesanal y la ordeña industrial. La primera se refiere a los pequeños productores, quienes producen bajas cantidades de litros y realizan el proceso manualmente. Generalmente, esta producción se hierve y se destina a autoconsumo o bien, llega al consumidor final, ya sea que el productor venda directamente su producto o a través de intermediarios. En el caso de los intermediarios, muchos de ellos se dedican a recopilar el producto de varios pequeños productores para llevarlo a las grandes industrias. Además, en el caso de los intermediarios, algunos se dedican a recopilar tanto leche brava como productos derivados, para llevarlos al consumidor. Finalmente, parte de la producción se destina a la elaboración artesanal de derivados lácteos: quesos, cremas, cajeta, yogurt y postres. En este aspecto, cabe mencionar que, dada la baja producción que representa la producción artesanal, en la mayoría de los casos los productos se venden de forma directa al consumidor final, sin embargo, en los últimos años, en algunas cadenas comerciales se pueden encontrar productos locales o regionales, lo que se considera que

repercute de manera positiva, tanto en el consumidor, al adquirir un producto de buena calidad, como en el productor, al tener un espectro más amplio para la exhibición y venta de sus productos.

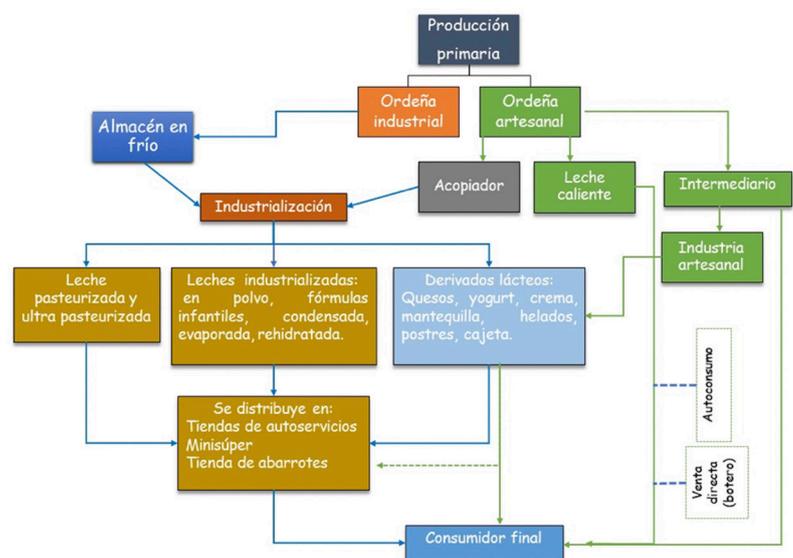
Imagen 1. Sistema de producción lechero de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Fuente: Tomada por los autores (2022).

Por otro lado, la ordeña industrial involucra un mayor volumen y tecnificación. Por ello, es necesario que inmediatamente después de la ordeña la leche se enfríe, para posteriormente llevarse a un proceso de industrialización, en donde se utiliza para la elaboración de productos tales como leche pasteurizada y ultra pasteurizada, en polvo, condensada, evaporada, rehidratada, así como derivados (queso, crema, mantequilla, entre otros). En este caso, el producto llega al consumidor final a través de centros comerciales, minisúper o tiendas de abarrotes (Figura 1).

Figura 1. Industria láctea en México, panorama general del proceso productivo



Fuente: Tomado y editado de: Análisis del sector lácteo en México. Secretaría de Economía, 2012.

De la leche que se obtiene, ya sea de forma artesanal o industrial, derivan productos tales como la leche líquida (pasteurizada y ultrapasteurizada), leche en polvo, yogurt, quesos, crema y mantequilla. En el caso de los derivados, también se pueden identificar dos tipos de producción: artesanal e industrial. En el primer caso, la tasa de producción es muy baja, en muchos casos es para autoconsumo o para una venta local. Además, en la producción artesanal es común que se utilicen los excedentes de la leche para elaborar los derivados, lo que lo convierte en una práctica adecuada para aprovechar al máximo los recursos. Y aunque los pequeños productores tienen limitaciones tecnológicas (y en ocasiones sanitarias), generalmente la calidad de estos productos es buena en términos de presentación, sabor y calidad nutricional e incluso se pueden identificar como productos característicos y exclusivos de ciertas regiones.

Por otro lado, en la producción industrial se acopian grandes cantidades de leche para la producción de los distintos derivados. En este caso, los productos que se elaboran son de distinta calidad, ya que se busca sacar el máximo provecho a los recursos disponibles, lo que no necesariamente significa que todos sean productos de buena calidad y con buen valor nutricional.

Cabe mencionar que la producción de derivados lácteos se concentra en no más de 10 empresas distintas en todo el país. Sin embargo, en los últimos 10 años ha habido un repunte en cuanto a la industrialización a micro, pequeña y mediana escala, lo que ha resultado en industrias locales o regionales, con productos de buena calidad y precios competitivos, sin embargo, hace falta un censo que permita recopilar información con mayor detalle en cuanto a la producción y crecimiento de este rubro.

Por otro lado, de acuerdo con los datos de la Cámara Nacional de la Industria Lechera, para 2020 la producción de leche líquida pasteurizada y ultrapasteurizada, así como del yogurt, decreció 1.5 % y 2 % en promedio, respectivamente. Sin embargo, la producción de crema, leche en polvo, quesos y mantequilla, aumento hasta 6.9 %. Los datos de producción de derivados de la leche para el 2020 se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Producción de derivados lácteos en 2020

Productos	Cantidad producida
Leche líquida (pasteurizada, ultra pasteurizada)	3,838,121 toneladas
Quesos	487,397 toneladas
Yogurt	615,235 toneladas
Leche en polvo	243,935 toneladas
Crema o grasa butírica	205,381 toneladas

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

Los datos de producción posicionan a México dentro de los 20 países productores de leche y productos

lácteos en el mundo, sin embargo, hay un déficit comercial, dado que México importó 2,154 millones de dólares (mdd) de productos lácteos (principalmente de Estados Unidos), exportó 626 mdd, lo que genera un déficit comercial por 1,528 mdd en 2020. En este sentido, el principal producto que se importa es la leche en polvo (33 %), seguido de los quesos (22 %), grasa butírica (7 %), caseína (7 %) y el resto de los productos lácteos (28 %); en este último rubro, no solo se importan productos para consumo directo, sino que se incluye materia prima para elaborar otros productos en el país.

En el caso de las exportaciones de lácteos, destacan las fórmulas infantiles y otras preparaciones (62 %), leche entera en polvo (11 %), grasa butírica (6 %) y otros productos (21 %), principalmente a Estados Unidos y Latinoamérica.

El estado actual de la industria de los lácteos en México muestra que existe un déficit en cuanto a producción, ya que no es suficiente para satisfacer las necesidades del país, por lo que se debe recurrir a la importación de diversos productos. Sin embargo, también es un hecho que hace falta una caracterización con mayor detalle de esta industria, que no solo esté enfocada en la generación de productos a nivel industrial, sino que considere la producción artesanal, así como las características de cada uno de los aspectos de la producción, distribución y comercialización, lo que dará un panorama más amplio y objetivo.

Aunado a ello, a nivel global, los productos residuales de la industria de lácteos (por ejemplo, el suero de leche), genera un impacto ambiental considerable; en este sentido, se ha reportado contaminación y salinización de suelos por productos residuales, contaminación de cuerpos de agua, así como emisiones de gases a la atmósfera. Sin embargo, no en todos los sistemas es igual, por lo que el desarrollo de investigaciones detalladas y particulares para cada tipo de sistema arrojará datos que permitan generar estrategias adecuadas. Además, lo anterior representa una situación que podría aprovecharse para desarrollar nuevos productos y procesos que minimicen tal impacto.

El panorama actual de la industria láctea representa una oportunidad para replantear las políticas públicas en torno a esta, en busca de desarrollar modelos de agronegocios que conlleven a una mejora bien planeada y acorde a los parámetros mundiales exitosos, mismos que se han enfocado en desarrollar estrategias integrales y sustentables. En este aspecto, en México se está desarrollando la Estrategia de Acompañamiento Técnico, que tiene como objetivo alcanzar la autosuficiencia y seguridad alimentaria en el país, a través de prácticas agroecológicas. Respecto a la Estrategia de Acompañamiento Técnico en Leche, hasta mayo de 2023 se reportan 98 técnicos agroecológicos

quienes apoyan en capacitación y promoción de producción y uso de bioinsumos, con miras a mejorar la productividad y calidad de la leche con costos bajos. En total, atienden a 2970 productores lecheros de pequeña escala, pertenecientes a 120 municipios de 16 entidades de México; estos datos nos hablan de que, a pesar de que ya se está trabajando en el desarrollo de nuevas estrategias y prácticas sustentables, aun es insuficiente para el país, dado que, si solo se consideran los 121,538 productores que tienen un hato de 30 vacas o menos, apenas el 2.4 % de este grupo de productores está recibiendo la capacitación mencionada.

En este sentido se debe de tomar en cuenta a los productores de diferentes modelos de producción, desde aquellos que tienen un sistema de traspatio hasta los productores a nivel industrial; por supues-

to, se deberá de considerar sus particularidades en cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la industria láctea, para identificar ventanas de oportunidad para el desarrollo y aplicación de estrategias innovadoras, con miras a mejorar la calidad, la productividad, la diversificación de productos, la competitividad y la distribución.

Para ello, también se debe de considerar la heterogeneidad social y ambiental que representa el país, dado que las condiciones particulares de cada sitio marcaran la directriz para desarrollar un modelo adecuado de agronegocios, ya que de esa manera se puede realizar una toma de decisión inteligente basada en un objetivo establecido que permita generar esquemas enfocados a una producción adecuada, redituable y sostenible.

REFERENCIAS

Cámara Nacional de la Industria Lechera (2021). Estadísticas del Sector Lácteo 2010-2020. Obtenido de <https://www.canilec.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/Compendio-del-Sector-Lacteo-2021.pdf>

Federación Mexicana de la Lechería (2022). Situación del sector lácteo y producción sustentable de leche. Consultado en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-la-produccion-lechera-pero-enfrenta-retos-uno-principal-esta-en-la-normatividad-322012>

Loera, J. Y. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19 (4): 419-426. doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Informe del 11 de diciembre de 2022. Consultado en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/reporte-mensual-de-escenarios-de-18-productos-agroalimentarios-2022>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022). Crece la producción lechera, pero enfrenta retos, uno principal está en la normatividad. Comunicado. 14 de diciembre de 2022. Consultado en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-la-produccion-lechera-pero-enfrenta-retos-uno-principal-esta-en-la-normatividad-322012>

Secretaría de Economía, D. G. (2012). *Análisis del sector lácteo en México*. Ciudad de México: Gobierno de México. Consultado en: www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf

BIODISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EN FAUNA DOMÉSTICA DE CALIMAYA, ESTADO DE MÉXICO

BIOAVAILABILITY OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN DOMESTIC FAUNA OF CALIMAYA, STATE OF MEXICO

Rosa María Fuentes-Riva,¹ Hugo Mendieta-Zerón,¹ Germán Santacruz de León,² Joel Alberto Vargas-Hernández,¹ María Antonia Mariezcurrena- Berasain,¹ Yaqueline Antonia Gheno Heredia,³ Araceli Consuelo Hinojosa Juarez,¹ Germán Martínez Alva^{1,*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.

² EL Colegio de San Luis, A. C., México.

³ Universidad Veracruzana, México.

* Autor para correspondencia: gmartinezal@uaemex.mx

RESUMEN

La actividad minera y la agricultura intensiva ha impactado negativamente la salud de los ecosistemas de Calimaya, México. En esta zona se han explotado yacimientos pétreos por remoción intensiva por más de 40 años, y se practica desde hace 25 años agricultura intensiva en la que se abusa del uso de plaguicidas, situación que representa un riesgo potencial para la salud de los ecosistemas y la salud de los organismos de la región. El objetivo de la presente investigación implicó la evaluación de la concentración total y biodisponible de los elementos potencialmente tóxicos (plomo y arsénico) en muestras de sangre de caninos domésticos (*Canis lupus familiaris*) de familias Calimayenses. Las muestras fueron sometidas a digestión ácida utilizando el método EPA 3050B, su evaluación fue por espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo en el caso del plomo y por espectroscopia de absorción atómica con generación de hidruros en el caso del arsénico. Los resultados revelaron concentraciones superiores al límite permisible y al valor de fondo biodisponible, situación que representa un riesgo potencial a la salud de los organismos y que sugiere una carga biodisponible ostensible en la población de Calimaya, México.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, Salud, Fauna doméstica

ABSTRACT

Mining activity and intensive agriculture have negatively impacted the health of the ecosystems of Calimaya, Mexico. In this area, stone deposits have been exploited by intensive removal for more than 40 years, and intensive agriculture has been practiced for 25 years in which the use of pesticides is abused, a situation that represents a potential risk for the health of the ecosystems and the health of the organizations in the region. The objective of the present investigation involved the evaluation of the total and bioavailable concentration of potentially toxic elements (lead and arsenic) in blood samples from domestic canines (*Canis lupus familiaris*) of Calimayense families. The samples were subjected to acid digestion using the EPA 3050B method, their evaluation was by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy in the case of lead and by atomic absorption spectroscopy with generation of hydrides in the case of arsenic. The results revealed concentrations higher than the permissible limit and the bioavailable background value, a situation that represents a potential risk to the health of the organisms and that suggests an obvious bioavailable load in the population of Calimaya, Mexico.

KEY WORDS: Pollution, Health, Domestic fauna

INTRODUCCIÓN

La región de Calimaya, México, se distingue por la explotación incesante por más de 40 años de “yacimientos pétreos por remoción intensiva”, y desde hace 25 años por “agricultura intensiva” en la que se abusa del uso de plaguicidas; se asume que ambas actividades antrópicas posiblemente contribuyen con la problemática en la región: “la disponibilidad alta de elementos potencialmente tóxicos (EPT)”. Las actividades que se precisan están provocando la disposición por remoción de EPT que representan un riesgo en la salud de los organismos de la región. Recientemente se revelaron concentraciones elevadas de arsénico (As), manganeso (Mn), cobre (Cu) y plomo (Pb), en los recursos de la zona, especialmente en agua y suelo cargado con materia orgánica humificada y en flora y fauna silvestre (García-González *et al.*, 2015).

El manejo inadecuado de la actividad minera y la agricultura intensiva, puede provocar que se remuevan, diseminen e incorporen EPT en los recursos naturales por “contaminación difusa por carga de precipitado remanente”, lo cual incide en cambios en las propiedades físicas, químicas y bioquímicas de los recursos y el aumento ostensible de la biodisponibilidad de dichos EPT, situación que se puede traducir en impactos negativos globales en una región determinada, especialmente provocar la enfermedad de los organismos asociados a los recursos naturales tales como: hongos, flora y fauna, incluyendo las poblaciones humanas (Daniels *et al.*, 2020; Armienta *et al.*, 2011; Jung, 2001; García *et al.*, 2022). La disponibilidad de EPT en el ambiente puede provocar impactos negativos en los sistemas biológicos que pueden comprometer su sobrevivencia, razón por la cual se ha definido en los objetivos de desarrollo sustentable, que las actividades antrópicas de alto impacto se desarrollen en la medida de lo posible en amortiguamiento pacífico para que no causen problema alguno en los organismos y especialmente en las poblaciones humanas (OMS, 2018).

En estudios recientes se ha determinado que la concentración de EPT en agua y suelo tiene implicaciones en la salud de los organismos debido a que dichos EPT se pueden enriquecer en agua y suelo al asociarse con elementos que se encuentran en la naturaleza y provocar efectos adversos globales especialmente en animales (Woo, 2001; Jung, 2001; Betancourt *et al.*, 2005; García *et al.*, 2022). Sin embargo, se sabe que la incorporación de EPT en los organismos preponderantemente es por la vía aérea, de tal forma que las partículas suspendidas en el aire y acondicionadas con EPT son el factor de riesgo dominante que pueden comprometer la salud de los organismos, provocando alteraciones de inestabilidad, de riesgo inminente y eventualmente compli-

caciones de gravedad que pueden comprometer su sobrevivencia (OMS, 2018).

Los resultados de estudios recientes han revelado concentraciones de Pb en sangre (PbS) en caninos en situación de calle de Calimaya, y que fueron superiores al límite permisible de 10 µg/dL. Se ha determinado que la principal ruta de exposición podría ser el consumo de agua contaminada, la ingesta de suelo y la incorporación de EPT por la vía área (García-González *et al.*, 2015). Los argumentos planteados dan razón del valor específico de evaluar la concentración biodisponible de EPT en sistemas vivos (caninos domésticos), y en consecuencia poder inferir la carga de EPT en la población de Calimaya, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

El municipio de Calimaya colinda al Norte con los Municipios de Metepec y Mexicaltzingo. En la porción Sur, limita con los Municipios de Tenango del Valle y Santa María Rayón. Al oriente tiene límites con los Municipios de San Miguel Chapultepec, Santiago Tianguistenco y San Antonio la Isla, mientras que al poniente limita con el Municipio de Toluca específicamente en la porción del Volcán Xinantécatl también conocido como Nevado de Toluca (GEM, 2011).

La definición sistémica global de la zona es: agua dura, suelos ricos en materia orgánica con capacidad de intercambio catiónico estable (CICe), ambos con blindaje de no sobre carga.

Determinación de la concentración biodisponible de los EPT Muestras y análisis de laboratorio

Se consideraron de forma aleatoria 33 caninos macho (10 de 6 a 12 meses de edad, 10 de 13 a 19 meses de edad y 13 de 20 a 26 meses de edad, los grupos etarios se establecieron con base en el criterio de segmento intermedio, para poder valorar la situación en contraste por edad: edad inicial, juvenil y jóvenes adultos, debido a que se sabe que los organismos “jóvenes” tienden a bioacumular con respecto a los organismos maduros que tienden a detoxificar fácilmente y de forma consistente) a los cuales se les tomó muestra simple de sangre (10 mL/anticoagulante), el tamaño de muestra se definió con base en el criterio mínimo representativo estadísticos; no se consideró muestreo regionalizado en la zona de estudio porque se asume que la vía de incorporación de EPT predominantemente es por la vía aérea y no de contacto próximo distinguible. Se sabe que la región de Calimaya es diversa en sus actividades antrópicas,

por lo que la carga de EPT pudiera ser crítica y puntual con base en la naturaleza de la actividad; sin embargo, en este estudio no se pretenden determinar cargas puntuales por actividad específica (aunque se pretende escalar la investigación en lo sucesivo), ahora solo se pretende reconocer la carga biodisponible global de EPT de todas las fuentes.

Los criterios de inclusión de los organismos fueron: 1) consentimiento informado, voluntario y firmado por el propietario del canino, 2) 6 meses mínimos de residencia en la zona de Calimaya, México, 3) caninos en un rango de 6 a 26 meses de edad y 4) Caninos no comprometidos y aparentemente saludables a la observación (palpación/auscultación).

La concentración de los EPT se determinó en cada una de las muestras simple de sangre (10 mL/anti-coagulante). Se utilizó una alícuota de cada muestra para la cuantificación de hemoglobina para el ajuste del As. Los EPT se analizaron con base en el método de Cox, método que tiene base en la espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (Pb y Cd). En el caso del As, por espectroscopia de absorción atómica con generación de hidruros. En ambos casos se utilizaron estándares de referencia como control de calidad (Estándares Canadian S1 y S19). Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de análisis físico-químicos del ambiente de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es importante precisar que cada canino fue su propio control (33 muestras).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y t de Student para comparar los valores de la concentración media de los EPT en las muestras (edad) con el paquete estadístico SAS (SAS, Institute, Inc. 1988). Las regresiones lineales y las comparaciones entre muestras fueron consideradas significativas para un valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados de la concentración biodisponible de As en fauna doméstica de Calimaya, México, se presentan en el Cuadro 1. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de As entre los grupos etarios considerados, los caninos más jóvenes (6 a 12 meses de edad) estuvieron cargados significativamente con As con respecto a los caninos de 13 a 26 meses de edad. En los caninos de 6 a 12 meses de edad se identificó una concentración biodisponible suficiente de As que se encuentra circulante en sangre, situación que se puede deber a su capacidad insuficiente de detoxificar elementos potencialmen-

te tóxicos de realimentación positiva (Nava, 2011, Carrizales, 2019, Valladares *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Concentración biodisponible de As en fauna doméstica de Calimaya, México

Edad Meses	Total (mg/kg) medias	Biodisponible (mg/L) medias
6-12	11.34 a	0.09
13-19	8.69 b	BLD
20-26	4.13 c	BLD

Letras distintas indican diferencias significativas. BLD= Bajo el límite de detección (soluble= 0.05 mg/L), Valor de fondo biodisponible: As= 0.05 mg/L. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Concentración biodisponible de Pb en fauna doméstica de Calimaya, México

Edad Meses	Total (mg/kg) medias	Biodisponible (mg/L) medias
6-12	29.54 a	0.08
13-19	18.39 b	BLD
20-26	11.29 c	BLD

Letras distintas indican diferencias significativas. BLD= Bajo el límite de detección (soluble= 0.05 mg/L), Valor de fondo biodisponible: Pb= 0.05 mg/L. Fuente: Elaboración propia.

Las concentraciones totales de As identificadas en los tres grupos etarios de caninos considerados en el presente estudio son superiores al límite permisible y al valor de fondo biodisponible, situación que representa un riesgo inminente para la salud de los organismos, especialmente para los caninos jóvenes de 6 a 12 meses de edad, los cuales están comprometidos contundentemente en su salud global.

Los resultados de la concentración biodisponible de Pb en fauna doméstica de Calimaya, México, se presentan en el Cuadro 2. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de Pb entre los grupos etarios considerados, los caninos más jóvenes (6 a 12 meses de edad) estuvieron cargados significativamente con Pb con respecto a los caninos de 13 a 26 meses de edad. En los caninos de 6 a 12 meses de edad se identificó una concentración biodisponible suficiente de Pb que se encuentra circulante en sangre, situación que se puede deber a su capacidad insuficiente de detoxificar elementos potencialmente tóxicos de realimentación positiva, a su peso corporal inferior, y a que poseen un pared intestinal más permeable, que permite una absorción igual a 40-50 % del plomo ingerido, contra 5-10 % de los adultos jóvenes (13 a 26 meses de edad), presentan una barrera hematoencefálica menos selectiva y más sen-

sible a la acción del plomo (Nava, 2011; Carrizales, 2019; Valladares *et al.*, 2019).

Los caninos jóvenes de 6 a 12 meses de edad son los organismos más vulnerables con respecto a caninos de mayor edad, se encuentran cargados con concentraciones biodisponibles que pueden comprometer su integridad sistémica. La concentración elevada de As y Pb en organismos juveniles puede ser un factor promotor de enfermedad, especialmente a nivel de sistema nervioso central (saturismo), digestivo y cardiovascular (Nava 2011; Valladares *et al.*, 2019). Es importante considerar que las concentraciones biodisponibles elevadas de los caninos jóvenes también se pueden deber a los hábitos de consumo de alimentos no selectivo, los caninos jóvenes (6 a 12 meses de edad) tienden a lamer o comer cuerpos extraños más fácilmente que los adultos (Valladares *et al.*, 2019).

La reducción del problema de intoxicación por As y Pb en nuestro medio puede ser complejo, considerando que la mayoría de los propietarios no tienen una cultura

ambiental como de bienestar animal suficiente como para percatarse del problema. Es necesario un esfuerzo conjunto de organismos de salud, secretarías de salud y entidades educativas con el propósito de diseñar programas de comunicación de riesgos y de vigilancia.

CONCLUSIONES

Las concentraciones totales de As y Pb fueron diferentes significativamente entre los grupos etarios considerados. Solo en los caninos más jóvenes (6 a 12 meses de edad) se pudo detectar concentraciones biodisponibles de As y Pb, lo cual es evidencia de carga suficiente que puede representar un riesgo para la salud del organismo. Se recomienda implementar medidas de mitigación de carga de elementos potencialmente tóxicos tales como: limpiar las zonas de alojamiento continuamente, tapar los contenedores de agua potable, lavar con detalle los recipientes que se usan para el consumo de alimentos, entre otras medidas.

REFERENCIAS

- Armienta M. A., Villaseñor G., Rodríguez R., Ongley L. K. y Mango H. (2011). The role of arsenic-bearing rocks in groundwater pollution at Zimapán Valley, Mexico. *Environ Geol.* 40: 571-581.
- Betancourt O., Narváez A. y Roulet M. (2005). Small-scale gold mining in the Puyango River basin, southern Ecuador: A study of environmental impacts and human exposures. *EcoHealth.* 2: 323-332.
- Carrizales, L., Batres, L., Ortiz, M. D., Mejía, J. J., Yáñez, L., García, E., Reyes, H., & Díaz-Barriga, F. (2019). Efecto en salud asociados con la exposición a residuos peligrosos. *Scientiae Naturae*, 2: 5-28.
- Cox, H. D. (1980). Arsine evolution-electrothermal atomic absorption method for the determination of nanogram levels of total arsenic in urine and water. *J. Anal. Toxicol.*, 4, 207-211.
- Daniels W. M., House W. A., Rae J. E. y Parker A. (2020). The distribution of micro-organic contaminants in riverbed sediment cores. *Sci. Total Environ.* 253: 81-92.
- EPA (1996). Acid digestion of sediments, sludges and soils. Method 3050B. Environmental Protection Agency [en línea]. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf> 14/11/2022
- García-González, M. L., Adame-Martínez, S. & Sánchez-Nájera, R. M. (2015). Expansión Metropolitana de Toluca: caso de estudio del Municipio de Calimaya, México. *Quivera*, 17 (2): 113-125.
- García M.E., Betancourt O., Cueva E. y Gimaraes J.R.D. (2022). Mining and seasonal variation of the metals concentration in the Puyango River basin-Ecuador. *J. Environ. Protect.* 3: 1542-1550.
- GEM (2011). Gobierno del Estado de México. Secretaría de Medio Ambiente. Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México. Categorías de las áreas protegidas [en línea]. http://portal2.edomex.gob.mx/cepanaf/areas_naturales_protegidas/categorias_areas_protegidas/index.htm. 11/11/2022
- Jung M. C. (2001). Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Ag mine, Korea. *Applied Geochem.* 16: 1369-1375.
- Nava Ruíz, C. & Méndez Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*, 16 (3): 140-147.
- OMS, Organización Mundial de la salud. 2018. Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health> Consultado el 07 de diciembre del 2022.
- SAS, INSTITUTE, INC. (1988). SAS user's guide: Statistics. Release 6.03. (SAS Institute Incorporation Ed.). Cary, Nueva York, EE. UU. 1028 pp.

Woo N. C. y Chi M. J. (2001). Arsenic and metal contamination of water resources from mining wastes in Korea. *Environ. Geol.* 40: 305-311.

Valladares, B., Peña, S. D., Zamora, J. L., Velazquez, V., Ortega, C., Zaragoza, A., Rivero, N. & García, O. (2019). Determinación de plomo en sangre de perros en la ciudad de Toluca, México. *Revista electrónica de veterinaria.* 15(4): 1-10.

LA POLLINAZA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL: BREVE REVISION

POULTRY LITTER IN ANIMAL FEEDING: BRIEF REVIEW

José Luis Borquez Gastelum,^{1*} Ignacio A. Domínguez Vara,¹ Daniel Trujillo Gutiérrez²

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, México.

² CONAHCYT, México.

* Autor para correspondencia: jlbtorquezg@uaemex.mx

RESUMEN

Las excretas pecuarias en general pueden contaminar el suelo, agua, aire y alimentos; además pueden afectar la salud animal y humana. Sin embargo, son ricas en nitrógeno y minerales que se pueden reciclar en la nutrición y alimentación animal, particularmente hacia los rumiantes y pueden bajar el costo de producción en beneficio de los productores. El único requisito para el uso seguro de las excretas pecuarias es su procesamiento (deshidratación, tratamiento químico, ensilaje, peletizado). La pollinaza es la excreta de no rumiantes con mayor volumen de producción y mayor uso en la alimentación animal, ya que supera en nutrientes a la cerdaza y excretas de rumiantes, lo cual se debe al tipo de dieta que reciben los pollos de engorda. Se ha investigado sobre ella y hay evidencia científica de la buena respuesta biológica, económica, rendimiento y características de la canal al incluirla en dietas completas en ovinos y bovinos en crecimiento; además, no se han encontrado efectos negativos en la salud y producción de los animales. No obstante, se requiere mayor investigación para identificar posibles residuos de antibióticos, pesticidas, hormonas y metales pesados en la carne, huevo y leche. Se concluye que el uso de pollinaza es un recurso alimenticio disponible y económico en México, que puede bajar costos de producción, pero se requiere su procesamiento antes de usarla para evitar riesgos de salud en los animales, y llevar a cabo mayor investigación sobre posibles residuos en los productos animales que puedan atentar contra la salud humana. El objetivo fue llevar a cabo una breve revisión del uso de la pollinaza en la nutrición y alimentación animal.

PALABRAS CLAVE: Excretas, pollinaza, alimentación, rumiantes, salud.

ABSTRACT

Livestock manure in general, can contaminate soil, water, air and food; in addition, can affect animal and people health. However, they are rich in nitrogen and minerals that can be recycled in animal nutrition and feeding, particularly in ruminants lowering cost of production and profit of producers. But it is necessary the processing or treatment (drying, silage, chemical treatment) of livestock manure for their safe use as a feed in diets for animal nutrition and feeding. Poultry litter is the non-ruminant manure of most collectable production in Mexico with higher content of nutrients which owe to the type of broiler chicken diet, rich in protein, energy, minerals and vitamins. Some investigations have been carried out about this animal waste and there is evidence that can be used in animal nutrition and feeding with good biological and economic performance in ruminants with complete diets in sheep and beef cattle, without negative effects in health, feed efficiency, carcass yield and meat characteristics. Nevertheless, it is required more investigation to identify residues of antibiotics, hormones, pesticides, and heavy metals in meat, milk and eggs. It is concluded that the use of poultry litter is a feed unconventional resource available and economic, but it requires processing in order to have an innocuous product to feed animals and prevent possible threat to animal and public health. The aim of this work was to carry out a brief review of the use of poultry litter in animal feeding and nutrition.

KEY WORDS: Manure, poultry litter, feeding, ruminants, health.

INTRODUCCIÓN

Sin duda la pollinaza es uno de los desechos animales que más se usa en la actualidad en la nutrición animal. Este excremento no hace mucho era despreciado e ignorado en las granjas avícolas considerándose como un desecho sin valor nutricional provocando problemas de contaminación por su acumulación dentro y fuera de las granjas. Sin embargo, esto ha cambiado radicalmente en los últimos años ya que actualmente se usa extensamente en la alimentación de rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos) y en menor escala en no rumiantes (cerdos y aves); además, como fertilizante agrícola (Van Horn *et al.*, 2001). Es tal su uso, que el precio a que se comercializa la hace comparable a un heno de alfalfa de buena calidad.

Su valor nutritivo es muy variable ya que es afectado por el tiempo de almacenamiento, cantidad y tipo de cama en la excreta, tipo de alimento de las aves, procesamiento, etc. Se caracteriza por ser una buena fuente de nitrógeno y minerales; además, es fuente de aminoácidos esenciales y algunas vitaminas. Sin embargo, puede contener una gran cantidad de microorganismos patógenos (Bhattacharya y Taylor, 1975). Este efecto patógeno puede ser de menor importancia en rumiantes porque los microorganismos no encuentran un ambiente favorable en el rumen donde además existe una flora y fauna más adaptada que compite favorablemente por ese sitio del tubo digestivo. La sobrevivencia de los patógenos se ve disminuida por el procesamiento de secado (deshidratado) o por ensilaje. NRC (1983) menciona que además existen otros métodos de procesamiento como el peletizado y sistemas comerciales patentados. El proceso de peletizado ha resultado benéfico ya que se obtiene un producto más uniforme, hay menor selección por el animal, durante el proceso se destruyen patógenos y parásitos por las altas temperaturas. La desventaja es que se tiene que dar una deshidratación previa de las excretas, lo cual aumenta el costo del proceso.

También se requiere equipo especial para el peletizado que también es caro. No obstante, son pocos los estudios conducidos para determinar el impacto del uso de la pollinaza en la salud de animales y personas. En países desarrollados, su uso está regulado y muchas veces prohibido en la alimentación animal. En México, no existe ninguna normatividad al respecto y su uso se da en forma libre, limitado solo por los efectos que causa en los animales y en los productos pecuarios. Hay evidencia empírica de que un elevado nivel en la dieta (más de 50 %) tiene efectos negativos en la carne (color negruzco) y mal olor y sabor en la leche. No se sabe el efecto de residuos de minerales tóxicos, pesticidas, antibióticos, hormonas, etc. que pueden ser transmitidos a la carne y leche y su efecto en la salud pública. El objetivo de este docu-

mento es revisar algunos aspectos relacionados con las características nutritivas y el uso de la pollinaza en la alimentación animal.

Producción de pollinaza en México y en el mundo

No existe información confiable sobre los volúmenes de producción de esta excreta en México y en el mundo por la dificultad de su cuantificación. Sin embargo, solamente en EUA se estima una producción de materia seca (MS) anual de 3 374 000 ton de gallinaza y 2 086 000 ton de pollinaza. Si consideramos que pollinaza y gallinaza se consideran como excretas de aves y que en el mercado alcanzan un mismo valor, se tendrá un total disponible de 5 460 000 ton de MS por año (Van Dyne y Gilbertson 1978; citados por NRC, 1983). En México se generan cada año

millones de ton de gallinaza y 12.5 millones ton de pollinaza, para un total de ambas excretas de 15.06 millones ton al año (Mendoza y Ricalde, 1993); si estas excretas tienen 32 % de materia seca (Smith *et al.*, 1979), entonces tendríamos una producción de 4.82 millones ton (base seca) de excretas de aves en México al año. El valor potencial de estas excretas en el mercado puede ser de \$ 12.05 millones de pesos, si consideramos un precio promedio de \$ 2500 por ton MS (4.82 x 2500).

Características físico-químicas

Smith y Wheeler (1979) reportaron el contenido nutricional promedio de excretas de especies pecuarias: 48-73 % TND (total de nutrientes digeribles), 20-31 % PC (proteína cruda), 13-20 % FC (fibra cruda), 0.9-8.8 % Ca (calcio), 1.6-2.5 P (fósforo), 0.4-0.9 % Mg (magnesio) y 0.5-2.3 % K (potasio).

Bhattacharya y Taylor (1975) informaron de valores de nutrientes para excretas de aves (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutritiva de excretas de aves (% BS)

Nutriente	Cama de ave	Excreta deshidratada de gallina
Total nutrientes digeribles (TND)	73	52
Proteína	31	28
Fibra	14	13
Calcio	2.4	8.8
Fósforo	1.8	2.5
Magnesio	0.4	0.7
Potasio	1.8	2.3

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, Hamblin (1979) encontró valores de la composición química de excretas de aves (Cuadro 2). Además, se presentan valores de la composición química cuando las excretas fueron sometidas a un proceso consistente en deshidratación a 66-77 °C por 30 min, control de moscas, muestreo y análisis, registros de la dieta, medicación y control del secado. A esto le llamaron "Material Olson" porque se llevó a cabo en una granja avícola de los Olson en California, EUA.

La distribución del nitrógeno en las excretas es diferente dependiendo de la especie pecuaria de que se trate. Así mismo, el tipo y proporción del nitrógeno (urea, ac. úrico) presente en las excretas es importante ya que esto influye en la permanencia o pérdida en forma de amoníaco. Arndt *et al.* (1979) mencionaron que las aves excretan mayor cantidad de nitrógeno en la orina que en las heces (Cuadro 3).

Cuadro 2. Composición química de excretas secas de aves

Nutriente	Excretas secas de ave	Material Olson
Humedad, %	3.4-12.6	8.60
Proteína, %	19.10-33.40	23.50
Fibra, %	9.9-18.20	14.00
Ceniza, %	23.2-37.30	33.00
Calcio, %	5.6-11.10	8.00
Fósforo, %	2.1-2.80	2.40
Potasio, %	1.7-3.30	2.30
Magnesio, %	0.4-1.03	0.63
Hierro, %	0.1-0.40	0.20
Zinc, ppm	210-448	325
Cobre, ppm	47-94	51
Manganeso, ppm	190-450	291
Selenio, ppm	0.1-1.20	1.17
Sodio, %	0.1-0.96	0.42
Arsénico, ppm	4.0	1.50
Plomo, ppm	0.1-2.96	0.20
Cadmio, ppm	0.1-1.30	1.25

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que gran parte del nitrógeno se excreta vía orina, lo cual implica grandes posibilidades de pérdida de este nutriente ya sea en forma directa o por volatilización en forma de amoníaco. Lo anterior, implica la necesidad de una mayor frecuencia de colección para evitar estas pérdidas.

Smith (1973; citado por Arndt *et al.* (1979) indicó que solo el 21.8 % del nitrógeno total en excretas de animales puede ser identificado como nitrógeno en aminoácidos. Por tanto, las excretas no procesadas, serían de poco valor para animales no rumiantes, pero serían más útiles y más efectivamente utilizadas como un componente de dietas para rumiantes.

Cuadro 3. Distribución del nitrógeno en heces y orina en el ganado

Especies	% del nitrógeno total	
	Heces	Orina
Bovinos carne	50.0	50.0
Bovinos leche	60.0	40.0
Ovinos	50.0	50.0
Cerdos	33.0	67.0
Aves	25.0	75.0

Fuente: Elaboración propia.

Se indican los compuestos que contienen nitrógeno y sus porcentajes en excretas de animales; el nitrógeno fecal está a menudo asociado a proteína celular. De los compuestos nitrogenados presentes, solo los aminoácidos pueden ser utilizados por los no rumiantes.

En el Cuadro 4 se observa la composición nutricional de la cama de pollo, reportada por varios autores (Bhattacharya y Fontenot, 1964; Brugman *et al.*, 1964; Cenni *et al.*, 1964; McInnis *et al.*, 1968; El-Sabbat *et al.*, 1696; Kumanov *et al.*, 1970; Bhattacharya *et al.*, 1971; Fontenot *et al.*, 1971. Citados por Bhattacharya y Taylor, 1975). En este cuadro, se puede apreciar que la cama de pollo (pollinaza) es rica en proteína cruda (31.30 %), alrededor de 50 % es proteína verdadera (16.70 %), el resto es NNP, es baja en energía digestible y metabolizable (2440 y 2181 Kcal/kg), alta en cenizas, calcio y fósforo (15.0, 2.37 y 1.80 %), y rica en hierro, cobre, manganeso, zinc, pero deficiente en todos los aminoácidos esenciales.

Cuadro 4. Composición nutricional de la cama de pollo

Nutriente	Unidad	Valor
Materia seca	%	84.70
Proteína cruda	%	31.30
Proteína verdadera	%	16.70
Proteína digerible (ovinos)	%	23.30
Digestibilidad de la MS	%	74.60
Fibra cruda	%	16.80
Extracto etéreo	%	3.30
Extracto libre de nitrógeno	%	29.53
Energía digerible (ovinos)	Kcal/kg	2440
Energía metabolizable (ovinos)	Kcal/kg	2181
NDT (nutrientes digeribles totales) ovinos	%	72.50
Cenizas	%	15.00
Calcio	%	2.37
Fósforo	%	1.80
Potasio	%	1.78
Magnesio	%	0.44
Sodio	%	0.54
Hierro	ppm	451
Cobre	ppm	98
Boro	ppm	38
Aluminio	ppm	284
Manganeso	ppm	225
Zinc	ppm	235
Arsénico	ppm	11
Vitamina B12	ppm	827
Alanina	%	0.88
Arginina	%	0.51
Ac. Aspártico	%	1.22
Ac. Glutámico	%	2.19
Glicina	%	2.14
Histidina	%	0.24
Isoleucina	%	0.64
Lisina	%	0.57
Metionina	%	0.13
Fenilalanina	%	0.54
Prolina	%	0.93
Serina	%	0.57
Treonina	%	0.57
Tirosina	%	0.33
Valina	%	0.82

Fuente: elaboración propia.

Características microbiológicas

El aspecto microbiológico es de gran preocupación por su impacto en la salud de los animales y del ser humano. Helmer (1979) reportó valores de presencia de bacterias en las excretas de aves (Cuadro 5). En estos datos, se observa que la mayor presencia es de Coliformes. Si las excretas son sometidas a procesos de pasteurización y desecación, se puede obtener un producto bastante seguro para usarse en la alimentación animal. Se admite un máximo de 20 000 bacterias y 10 Coliformes por gramo. Pell (1997) mencionó que las excretas pecuarias contaminan con malos olores y microorganismos patógenos. Enseguida aparece la lista de malos olores y patógenos.

- Protozoarios (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia spp.*), bacterias (*Listeria monocytogenes*, *E. Coli*, *Salmonella spp.*, *Mycobacterium paratuberculosis*) y virus entéricos
- Malos olores: fenoles sulfhidrilos, indol, escatol

Cuadro 5. Evaluación de la excreta seca de ave para patógenos bacterianos

Numero de muestras		
Bacterias patógenas	Probadas	Positivas
Coliformes	109	34
E. coli	35	6
Salmonella	121	1
Staphylococcus	97	1
Total	430	42

Fuente: Helmer, 1979.

Presencia de minerales, antibióticos y pesticidas

Con excepción del cobre, los elementos traza no presentan problemas serios. Las excretas de ave altas en cobre podrían causar toxicidad en ovinos, así estas excretas no deberían darse a estos animales en grandes cantidades. El NRC (1985) recomendó un nivel máximo de 25 ppm de cobre en la dieta de los ovinos. Sin embargo, no existen muchos trabajos de investigación para establecer el manejo seguro de las excretas de aves en la alimentación de ovinos.

En el Cuadro 6 se observan datos de la presencia de pesticidas, patógenos y antibióticos en excretas secas de aves. De un total de 112 muestras de excretas secas de aves, resultaron positivas 20 muestra para oxitetraciclinas, 1 para penicilina y 3 para estreptomycin; y 7 de 17 muestras resultaron positivas para sulfonamidas (Helmer, 1979).

CONTAMINACIÓN POR EXCRETAS

La conciencia pública sobre la contaminación ambiental (aire, agua, suelo) escada vez más acentuada. Las excretas pecuarias son fuentes de contaminación, resultado del proceso de producción animal, sobre todo en la ganadería intensiva. El mal olor ha sido durante mucho tiempo asociado con la producción animal. En general los olores del alimento y del cuerpo no son considerados como ofensivos, pero aquellos generados del estiércol y su descomposición durante la colección, manejo, almacenamiento y dispersión se consideran ofensivos.

El estiércol es sujeto de degradación anaeróbica bajo una variedad de condiciones de humedad y temperatura, resultando en la generación de compuestos volátiles olorosos. Algunos de los principales compuestos de los olores son: amoníaco, aminos, compuestos sulfurados, ácidos grasos volátiles, indoles, escatoles, fenoles, alcoholes, y carbonilos (Mackie *et al.*, 1998). Es posible reducir sustancialmente la emisión de amoníaco a través de manejo nutricional a través de reducir el contenido de N y urea de la orina y de los desechos, bajando el pH de la orina y desechos, y reduciendo la excreción total de N mediante el mejoramiento de la utilización de la proteína de la dieta. Se demostró que por cada unidad porcentual que se reduce la PC de la dieta, se redujo la concentración de amonio en 11% y la emisión de amoníaco en 10-12% (Jongbloed y Lenis, 1998).

Cuadro 6. Pruebas de pesticidas, antibióticos y patógenos en excretas secas de aves

Concepto	Promedio de 10 muestras
Aflatoxina	ND, 2.5 ppb
PCB	ND, 0.050 ppm
P, P'-DDE	0.009 ppm
Total DDT	0.009 ppm
Otros hidrocarburos clorinados	ND, 0.10 ppm
Coliformes	ND, 0.45 células/g
Salmonella	Negativo
Staphylococcus	ND, 10 células/g
Penicilina	ND, 0.040 ppm
Estreptomina	ND, 0.80 ppm
Eritromicina	ND, 0.20 ppm
Tetraciclina	ND, 0.20 ppm
Clortetraciclina	ND, 0.04 ppm
Oxitetraciclina	ND, 0.16 ppm
Neomicina	ND, 1.0 ppm
Antibióticos no específicos	ND

Fuente: Hamblin (1979); ND= No detectado.

Respuesta productiva de los animales por el uso de pollinaza

No obstante, los problemas mencionados de contaminación y riesgo en la salud animal y humana, lo cierto es que el uso de pollinaza en la alimentación animal, principalmente de rumiantes, ha mostrado beneficios al ser una fuente económica de nutrientes (nitrógeno y minerales). Bod'a (1990) reportó resultados favorables (Cuadro 7) en la alimentación de rumiantes al comparar la gallinaza con dietas testigo (sin gallinaza). En esta información se puede observar que no hubo diferencias entre el grupo testigo donde se usaron fuentes convencionales de proteína (pasta de soya, harinolina, salvado, etc.) con el grupo que recibió gallinaza. Esto indica que es posible bajar costos de producción cuando se utilizan este tipo de excretas en la alimentación animal. Sin embargo, deberán observarse niveles de utilización moderados, y en promedio se recomienda 20-25 % (BS) en bovinos carne y 10-15 % (BS) en la dieta de bovinos leche y ovinos (Jeremiah y Gibson, 2003).

Smith y Wheeler (1979) tampoco encontraron diferencias en la respuesta productiva en rumiantes al evaluar la pollinaza contra un testigo. En los Cuadros 8 y 9 se pueden ver algunos resultados de investigación sobre la respuesta productiva de rumiantes alimentados con pollinaza y gallinaza.

Más recientemente, Borquez *et al.* (2009, 2010) y Trujillo *et al.* (2014), reportaron resultados del uso de ensilados de bovinaza, cerdaza y pollinaza en ovinos (Cuadro 9). Se utilizaron corderos en crecimiento cruza de criollo con Suffolk (30±1.50 kg) bajo confinamiento; las dietas fueron isonitrogenadas (14.50 % PC) e isoenergéticas (2.50 Mcal/kg MS) según el NRC (2007). La alimentación fue *ad libitum* de dietas integrales a base de ensilado más concentrado (relación 40:60 y 50:50 BS).

Ellos concluyeron que no encontraron efectos negativos en el consumo de alimento ni en la salud de los animales por el uso de ensilados de excretas pecuarias en ovinos. Además, se estudió el rendimiento y características de la canal de ovinos alimentados con ensilados de pollinaza y cerdaza, y tampoco se encontraron diferencias con relación a dietas sin el uso de excretas pecuarias, lo cual indica que estos desechos son un recurso económico para la alimentación de rumiantes en beneficio de los productores.

Cuadro 7. Respuesta productiva de diferentes especies pecuarias alimentadas con gallinaza

Tratamiento			
Especie	Variable	Testigo	Gallinaza
Bovinos carne	GDP, kg	1.07	1.05
	Consumo MS, kg/día	7.19	7.02
	Conversión alimenticia, kg	7.81	7.02
Bovinos leche	Producción de leche, kg/día	20.0	19.8
	Grasa leche, %	3.51	3.63
	Sólidos totales, %	12.04	12.01
Ovinos	GDP, kg/día	0.19	0.18
	Conversión alimenticia, kg	5.52	6.66

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 8. Respuesta productiva de ganado alimentado con dietas a base de pollinaza

Tratamiento			
Especie	Variable	Testigo	pollinaza
Bovinos carne	GDP, kg/día	0.99	0.94
Bovinos leche	Producción de leche, kg/día	18.42	18.17
Ovinos	GDP, kg/día	0.189	0.171

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9. Respuesta de ovinos alimentados con dietas a base de ensilados de bovinaza, pollinaza y cerdaza

Variable	Dieta con ensilado de excreta de ave	Dieta con ensilado de excreta de cerdo	Dieta con ensilado de estiércol bovino
Consumo voluntario, kg/día MS	1.97	1.68	1.89
Digestibilidad MS, %	67.45	67.10	66.65
Digestibilidad de la MO, %	68.75	68.00	70.90
Ganancia de peso, g/día	285.0	196.50	0.223
Conversión alimenticia, kg MS	6.91	8.55	8.50
Ensilado en la dieta, % BS	40	40	50
Referencia	Bórquez <i>et al.</i> (2010)	Trujillo <i>et al.</i> (2014)	Bórquez <i>et al.</i> (2009)

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Con base en la información revisada, se concluye lo siguiente.

- Las pollinaza es una buena fuente de nutrientes para rumiantes (nitrógeno y minerales).
- Las especies pecuarias más aptas para su utilización como alimento son los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos).
- Es necesario un buen procesamiento (deshidratación, ensilaje, tratamiento químico, peletizado) para disminuir los riesgos de la presencia de parásitos y patógenos.
- El elemento mineral más peligroso para los ovinos presente en la pollinaza es el cobre.
- Puede haber residuos de pesticidas, antibióticos y metales pesados en la pollinaza. Sin embargo, hay pocos estudios que hayan identificado y cuantificado su impacto en la salud de los animales y en la población.
- Es posible bajar costos de producción cuando se incluye pollinaza en la dieta de los rumiantes.

REFERENCIAS

- Arndt, D.L., D.L. Day and E.E. Hatfield (1979). Processing and handling of animal excreta for refeeding. *J. Anim. Sci.* 48: 157-162.
- Bhattacharya, A.N. and J.C. Taylor (1975). Recycling animal waste as a feedstuff. A review. *J. Anim. Sci.* 41: 1438-1457.
- Bod'a, K. (ed.) (1990). *Nonconventional feedstuffs in the nutrition of farm animals*. Edit. Elsevier: Checoslovaquia.
- G.D. Trujillo, G.J.L. Bórquez, J.M. Pinos-Rodríguez, I.A. Domínguez-Vara & R.R. Rojo (2014). Nutritive value of ensiled pig excreta, poultry litter or urea with molasses or bakery by-products in diets for lambs. *South African Journal of Animal Science*, 44 (2); 114-122.
- Hamblin, D.C. (1979). Commercially processing and selling poultry waste as a feed ingredient. *J. of Anim. Sci.* 50: 342-344.
- Helmer, J.W. (1979). Monitoring the quality and safety of processed animal waste products sold commercially. *J. Anim. Sci.* 50: 349-355.
- Jeremiah, L.E. and Gibson, L.L. (2003). The effect of dietary poultry litter supplementation on beef chemical, cooking, and palatability properties and consumer acceptance. *Food Research International* 36; 943-948.
- José Luis Bórquez, Juan Manuel Pinos-Rodríguez, Sergio Segundo González, Ignacio Domínguez, Ricardo Bárcena, Germán Mendoza, Mario Cobos (2010). Use of different kind of silage dairy cattle manure in lamb nutrition. *Italian Journal of Animal Science*, 9: e25.
- J.L. Bórquez, S.S. González-Muñoz, J.M. Pinos-Rodríguez, I. Domínguez, J.R. Bárcena, G.D. Mendoza, M.A. Cobos, G. Bueno. (2009). Feeding value of ensiling fresh cattle manure with molasses or bakery by-products in lambs. *Livestock Science*, 122: 276-280.
- Jongbloed, A.W. and N.P. Lenis. (1998). Environmental concern about animal manure. *J. Anim. Sci.* 76: 2641-2648.
- Mendoza, M.G.D. y V.R. Ricalde. (1993). *Manual técnico de alimentación de bovinos de clima templado*. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco: México.
- Mackie, R.I., P.G. Stroot, and V.H. Varel. (1998). Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. *J. Anim. Sci.* 76: 1331- 1342.
- NRC (1983). *Underutilized Resources as Animal Feedstuffs*. National Academy Press. Washington, D.C.: 121-167.
- NRC (1985). *Nutrient Requirements of Sheep*. National Academy Press: Washington, D.C.
- NRC (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Research Council, The National Academic Press: Washington, D.C.
- Pell, A.N. (1997). Manure and microbes: Public and animal health problem? *J. Dairy Sci.* 80:2673-2681.
- Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* 82(E.Supp.):E119-E137.
- Smith, L.W. and W.E. Wheeler. (1979). Nutritional and economic value of animal excreta. *J. Anim. Sci.* 48: 144-156.
- Smith, O.B., G.K. Macleod, D.N. Mowat and E.T. Moran, Jr. (1979). Effect of feeding organic acid treated hen excreta upon performance, carcass merit and health of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 49:1183-1189.
- Van Horn, H.H., Newton, G.L., Nordstedt, R.A., French, E.C., Kidder, G., Graetz, D.A. and Chambliss, C.F. (2001). *Dairy manure management: Strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environmental pollution*. University of Florida. IFAS EXTENSION.

BASES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

REVISTA
ELECTRÓNICA
NUEVA ÉPOCA
VETERNARIA

Los resultados de investigaciones científicas, desarrollos tecnológicos, casos clínicos, revisiones de literatura, artículos de divulgación o técnicos, deberán ser enviados vía correo electrónico a revnevt_fmvyz@uaemex.mx. La información debe ser capturada en un procesador de textos con fuente arial, tamaño 12, interlineado 1.5, preferentemente en el formato de texto Word para Windows o Mac (.doc, .docx) y deberá cumplir con los lineamientos establecidos por el Comité Editorial, cuyas bases se indican a continuación: Elementos gráficos (cuadros y figuras): Incluidos en el cuerpo del manuscrito, dentro del texto, usando títulos, encabezados y/o según sea el caso, indicar el pie de cuadro para explicar abreviaturas y parámetros estadísticos.

Secciones del manuscrito en función al tipo de manuscrito.

Investigación científica (Extensión máxima de 6,000 palabras sin contabilizar la literatura citada)

- Título español: Claro e informativo. Título en inglés: Claro e informativo.
- Autor(es): Apellido paterno, Apellido Materno e Inicial(es) Nombre(s).
- Adscripción: Indicado con un número en super-índice antes de cada autor; y en la siguiente línea posterior al título indicar la universidad u organización, departamento, ciudad y estado de adscripción.
- Autor correspondiente: Colocar un asterisco (*) y en la siguiente línea posterior al título indicar el correo electrónico de contacto.

- Resumen Español: Hasta un máximo de 300 palabras que incluya el contexto de la investigación, objetivo, breve descripción de métodos, síntesis de resultados y conclusión. Resumen Inglés: Hasta un máximo de 300 palabras.
- Palabras Clave: De 3 a 6 palabras y que estén relacionadas con el estudio.
- Introducción: Es necesario que se indique el problema por resolver, revisar brevemente artículos relevantes y que finalice con el objetivo general del estudio.
- Materiales y Métodos: Detallar lo mejor posible, a fin de que otros investigadores, puedan replicar el estudio, citar las técnicas o métodos de trabajo.
- Resultados
- Discusión
- Conclusión: Indicar una conclusión breve, no mayor a un párrafo, resaltando el hallazgo más importante.

Literatura Citada: Sistema Vancouver con Digital Object Identifier (DOI) y el nombre abreviado de las revistas para listar las referencias en los artículos.

INSTRUCCIONES GENERALES

El formato fue propuesto por el International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), y es el más utilizado en las publicaciones de las Ciencias de la Salud. Además, el formato Vancouver es el más compatible con los principales sistemas de indización, como Scopus, Web of Science y SciELO, y está disponible en

múltiples gestores electrónicos de bibliografía como Mendeley, Zotero y EndNote.

Revisión de literatura, artículo de divulgación o técnico (Extensión máxima de 4,000 palabras sin contabilizar la literatura citada)..

- Título en español y Título en inglés.
- Autor(es): Apellido paterno, Apellido Materno e Inicial (es) Nombre(s). Adscripción: Indicando con un número en superíndice antes de cada Autor correspondiente: Indicar correo electrónico de contacto.
- Resumen Español, Resumen Inglés, Palabras Clave, Introducción, Resultados, Discusión y Conclusión.
- Literatura Citada: Sistema Harvard.

FORMATO:

1. Nombre, dirección y correo electrónico del autor o responsable.
2. La configuración de la página será papel tamaño carta (ancho 21.59cm alto 27.94cm), margen superior 2.5cm, inferior 2.5cm, izquierdo 3.0cm y derecho 3.0cm.
3. Para todo el documento la fuente (tipo de letra) Times New Roman a 12 puntos y sin ningún efecto.
4. Mayúsculas para los nombres de los autores, las instituciones y al inicio década párrafo.
5. Interlineado a 1.5.

Tabulación predeterminada al inicio de cada párrafo (1.25 cm. sangrías).

1. Dejar un espacio o línea en blanco al final de cada párrafo.
2. Encabezado y pie de página limpios.
3. Solamente una sección y a una columna (sin salto de secciones).
4. Para todo el documento con orientación vertical.
5. Cada artículo con una imagen (como archivo o para capturar) por hoja.
6. Las imágenes o cuadros deberán estar con un formato en línea con el texto y no deberán ex- ceder los márgenes establecidos.

PARA REVISIÓN:

1. Se aceptarán artículos inéditos, revisiones de literatura, resultados preliminares de investigación, resultados de tesis de licenciatura y posgrado, investigación formativa, reportes y temas de literatura en general y artículos de divulgación.
2. Se aceptan también notas de literatura en general, notas informativas, caricaturas, dibujos y fotografías (no ofensivas y sin daño a la moral).
3. Cuando se presenten cuadros y gráficos deben ser en el menor número posible, señalando título y notas a pie de cuadro.
4. Las notas de investigación deben de ser breves y con objetivo definido, pueden consistir en modificación de alguna técnica, informes de casos clínicos o zootécnicos y notas preliminares.
5. Las revisiones de literatura se aceptarán siempre y cuando representen temas relevantes y de utilidad en el ejercicio profesional.
6. En la redacción se respetarán las normas internacionales relativas a las abreviaturas, símbolos, nomenclatura anatómica, zoológica, botánica, química, etc. Así como el sistema de unidades.
7. Las referencias de los libros en la bibliografía deberán contener los siguientes datos, de preferencia en este mismo orden: nombre del autor, año de la edición, título del libro (subrayado), editorial, ciudad, año de edición y número de páginas.
8. Las referencias de capítulos en la bibliografía deberán contener los siguientes datos, de preferencia en el mismo orden: nombre del autor, título del capítulo (entre comillas); ficha completa del libro de donde se extrajo y páginas donde se encuentra el capítulo.
9. Las referencias hemerográficas deberán contener los siguientes datos, de preferencia en este orden: nombre del autor; título del capítulo (entre comillas); título de la publicación (subrayado); año, volumen (vol.) y número (núm.) de la publicación; mes de la publicación y páginas en que se encuentra el artículo.

10. Las fichas bibliográficas y hemerográficas en notas en pie de página deberán ir completas en la primera cita y a partir de la segunda, indicarse sólo con alguno de los datos o las siguientes abreviaturas:

- Se indica op.cit. (obra citada) después del apellido del autor cuando el libro haya sido citado.
- Ibidem, Ibid. (allí mismo) e idem. (el mismo, lo mismo), se utilizan cuando el libro ya ha sido citado en la nota inmediatamente anterior.
- Se agregan algunas de las abreviaturas más usadas, especialmente en notas a pie de página y bibliografía.
- et al. (y otros) se utiliza para indicar que una obra está firmada por varios autores, además del que se indica.
- Comp. o comps. (de compilador o compiladores) coord. o coords (de Coordinador o Coordinadores) v.g. (por ejemplo) cf. o cfr. (véase o confróntese).
- cap (capítulo).
- Supra (arriba).
- ed. (edición).
- infra (abajo).
- s.e. (sin editor).
- i.e. (esto es).
- s.f. (sin fecha).
- circa (alrededor de).
- s.l (sin lugar de edición).
- loc. cit. (locución citada).
- mimeo. (mimeografiado).
- passim (en varios lugares).
- pról. (prólogo).
- vid (véase).
- introd. (introducción).
- sic (así, textualmente).
- trad. (traducción).
- ed. o eds. (de editor o editores).
- s. (y siguiente)
- ss.(siguientes)

REVISTA ELECTRÓNICA NUEVA ÉPOCA VETERINARIA

Se entregarán con tiempo, en orden y de manera íntegra los archivos y las imágenes por capturar, con una copia impresa para revisar, quedando los autores y revisores de cada artículo como responsables de la ortografía y gramática.

La responsabilidad del contenido de la información corresponde en su totalidad a los autores correspondientes y coautores de cada apartado.