

CIENCIAS Veterinarias — y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD



P. 5

Fertilidad en bovinos tropicales

P. 13

Ácidos grasos en carne de bagre de canal

P. 23

Residuos cítricos en rumiantes

P. 36

Infecciones parasitarias en la producción de crías de peces

P. 45

Capacidad antioxidante del kéfir

P. 59

Calidad de semen en ovinos

DIRECTORIO

M.V.Z. M.C. Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
Rector de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. María Concepción Placencia Valadez
Secretaria General

Dra. Rosa Issel Acosta González
Secretaria Académica

Dra. Evelia Reséndiz Balderas
Secretaria de Investigación y Posgrado

Dr. José Octavio Merino Charrez
Director de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata"

Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Año: 2026, Volumen: 4, Número: 1, julio a diciembre. Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, "Dr. Norberto Treviño Zapata", Km. 5 carretera Victoria-Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P; 87274 Tels. (834) 3181800 y 3181700, ext. 2506. Página web: <https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/> y correo electrónico: cvpafmvz@uat.edu.mx. Editor responsable: Dr. Roberto Pérez Castañeda. Reserva de Derechos al Uso exclusivo No. 04-2023-022713322900-102, ISSN electrónico: 2992 - 7501; ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Fecha de publicación de este número: 15 de julio de 2026.

Se permite la reproducción del contenido para actividades no comerciales dando los créditos correspondientes a la revista Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Los artículos e investigaciones son responsabilidad de los autores. Todo el material publicado se almacena en el reservorio institucional.

PRÓLOGO

La revista "Ciencias Veterinarias y Producción Animal" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata" presenta su séptimo número. Esta labor de la universidad ayuda a cumplir el compromiso de hacer difusión de los conocimientos de frontera y las nuevas tendencias en la salud y producción animal.

En esta edición se incluyen contribuciones de artículos científicos y de revisión. Cada uno de los manuscritos abonan al conocimiento. Entre los temas de este número se encuentran: Efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos tropicales; Composición descriptiva de ácidos grasos en carne de filete y fajita de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) de Tamaulipas; Uso de residuos citrícolas en la alimentación de bovinos y caprinos lecheros: revisión sistemática; Capacidad antioxidante del kéfir elaborado con leche de cabra versus leche de vaca: una revisión sistemática; Infecciones parasitarias en las etapas tempranas de producción de peces: una revisión; finalmente, Calidad de semen en Ovinos: una revisión.

Los invitamos a consultar las contribuciones del presente número.

La comunidad científica tiene la responsabilidad no solo de generar conocimiento, sino también de difundirlo, para asegurar que la ciencia esté al alcance de la sociedad y contribuya a su desarrollo.

"Verdad, Belleza, Probidad"



MVZ MC
Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
Rector
Universidad Autónoma de Tamaulipas

COMITÉ EDITORIAL

Editor responsable

Dr. Roberto Pérez Castañeda (SNI II)
Universidad Autónoma de Tamaulipas
roperez@docentes.uat.mx

EQUIPO DE DISEÑO EDITORIAL Y SOPORTE

Dr. Gerardo Noé Rosales Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Jennifer Liliann Sustaita Alvarez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Yesica Selene Zúñiga Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas

CIENCIAS VETERINARIAS

Dra. Verónica Carvajal de la Fuente
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
<https://orcid.org/0000-0001-6376-9771>

Dra. Fabiola Osuna Chávez
Universidad de Sonora, México
<https://orcid.org/0000-0001-6539-7828>

Dra. Milagros González Hernández
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México
<https://orcid.org/0000-0002-0175-0466>

Dr. Adrián Zaragoza Bastida
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
<https://orcid.org/0000-0002-8537-5025>

PRODUCCIÓN ANIMAL

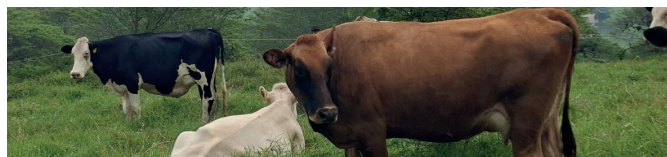
Dr. Miguel Ruiz Albarrán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
<https://orcid.org/0000-0002-1419-151X>

Dr. Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca
Colegio de Postgraduados, México
<https://orcid.org/0000-0002-2549-3353>

Dr. Lorenzo Danilo Granados Rivera
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México
<https://orcid.org/0000-0002-8502-4612>

Dr. Paulino Sánchez Santillán
Universidad Autónoma de Guerrero, México
<https://orcid.org/0000-0001-8639-1476>

ARTÍCULO CIENTÍFICO



5 Efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos tropicales

Effect of genotype and ovarian condition on gestation rate in tropical cattle

María del Rosario García-Barradas, Raymundo Salvador Gudiño-Escandón, María Luisa Méndez Ojeda, Vicente Eliezer Vega-Murillo



13 Composición descriptiva de ácidos grasos en carne de filete y fajita de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) de Tamaulipas

Descriptive fatty acid composition in fillet and fajita (*Ictalurus punctatus*) meat of Channel catfish from Tamaulipas

Grethel Martínez-Rubio, Adriana L. Perales-Torres, Leilany Margarita Esparza-Acebo, Isidro Otoniel Montelongo-Alfaro, Flaviano Benavides González, Ana L. Lara-Rivera, Xochitl Fabiola De La Rosa-Reyna, Aldo Vega-Esquivel, Gaspar Manuel Parra-Bracamonte

ARTÍCULO DE REVISIÓN

23 Uso de residuos cítricos en la alimentación de bovinos y caprinos lecheros: revisión sistemática

Use of citrus waste in the feeding of dairy cattle and goats: a systematic review

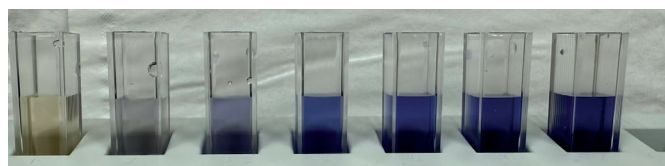
Jenny Dalay Martínez-Maldonado, Gerardo Noé Rosales-Martínez, Jorge Alva-Pérez, Ivonne Ceballos-Olvera, Luz Yosahandy Peña-Avelino



36 Infecciones parasitarias en las etapas tempranas de producción de peces: una revisión

Parasitic infections during early fish production stages: a review

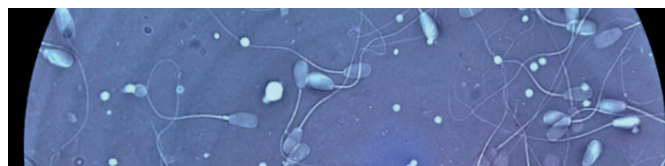
Ricardo Alejandro Pérez-Lizama, Jesús Genaro Sánchez-Martínez, Roberto Pérez-Castañeda, María de la Luz Vázquez-Sauceda, Zeferino Blanco-Martínez, Flaviano Benavides-González, Pablo González-Alanis, Jaime Luis Rábago-Castro



45 Evidencia sobre la capacidad antioxidante del kéfir elaborado con leche de cabra y leche de vaca: una revisión sistemática

Evidence on the antioxidant capacity of kefir made from goat milk and cow milk: a systematic review

Mariana Mendoza-Ponce, Gerardo Noé Rosales-Martínez, Jorge Alva-Pérez, Ivonne Ceballos-Olvera, Luz Yosahandy Peña-Avelino



59 Calidad de semen en ovinos: una revisión

Semen quality on ram: a review

José Alejandro Islas-Sotelo, Gerardo Noé Rosales-Martínez, Libia Ivonne Pérez-Torres



Efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos tropicales

Effect of genotype and ovarian condition on gestation rate in tropical cattle

María del Rosario García-Barradas¹, Raymundo Salvador Gudiño-Escandón¹, María Luisa Méndez Ojeda¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo^{1*}

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos de doble propósito en condiciones tropicales. Se analizaron datos retrospectivos de 1,818 hembras durante un periodo de ocho años (1996-2004) en una unidad de producción pecuaria del estado de Veracruz, México. La tasa de gestación general fue de 51.29%. Del total de vacas vacías, el 56.93% correspondió a hembras ciclando. El genotipo y el año influyeron significativamente en la tasa de gestación ($p < 0.01$), mientras que la época del año no mostró efecto significativo ($p > 0.05$). Las vacas cruzadas presentaron mayor probabilidad de gestación en comparación con el ganado *Bos indicus* puro. Se concluye que la principal limitante reproductiva en el sistema evaluado está asociada al manejo reproductivo, y que el uso de cruzamientos *Bos indicus* × *Bos taurus* contribuye a mejorar la eficiencia reproductiva en condiciones tropicales.

Palabras clave: condición ovárica, genotipo, tasa de gestación

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of genotype and ovarian status on the pregnancy rate in dual-purpose cattle under tropical conditions. We analyzed retrospective data from 1,818 females over an eight-year period (1996-2004) at a livestock production facility in the state of Veracruz, Mexico. The overall pregnancy rate was 51.29%. Of the total number of nonpregnant cows, 56.93% were in estrus. Genotype and year had a significant effect on the pregnancy rate ($p < 0.01$), while the season of the year did not show a significant effect ($p > 0.05$). Crossbred cows had a higher probability of pregnancy compared to purebred *Bos indicus* cattle. It is concluded that the main reproductive limitation in the evaluated system is associated with reproductive management, and that the use of *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbreeding contributes to improving reproductive efficiency under tropical conditions.

Keywords: ovarian condition, genotype, pregnancy rate

*Autor para correspondencia: vvega@uv.mx

Fecha de aceptación: 13 de julio de 2026

Fecha de recepción: 5 de junio de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz, México.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina constituye una de las actividades productivas más importantes del sector agropecuario en México. Contribuye en la seguridad alimentaria y la economía rural (Martín del Campo, 2019; SIAP, 2018). En este contexto, el sistema de producción de doble propósito representa una estrategia adoptada en regiones tropicales y subtropicales. Se caracteriza por la obtención simultánea de leche y carne, en condiciones de manejo, recursos y ambiente variables (Barrón et al., 2023). Sin embargo, enfrentan importantes limitaciones productivas. La baja eficiencia reproductiva es considerada uno de los principales factores que restringen su rentabilidad y sostenibilidad.

En condiciones tropicales, la eficiencia reproductiva del ganado bovino está influenciada por una compleja interacción entre factores ambientales, nutricionales, genéticos y de manejo (Galina & Geffroy, 2023). Entre los indicadores más relevantes se encuentra la tasa de gestación, esta refleja el desempeño reproductivo del hato y se asocia con variables fisiológicas, entre ellas, la condición ovárica de las hembras (Komatsu & Masubuchi, 2016). La dinámica ovárica, determinada por la presencia de estructuras funcionales como folículos y cuerpos lúteos, constituye un elemento clave para la evaluación del estado reproductivo y la toma de decisiones en programas de manejo (Kojima, 2003).

Diversos estudios, en sistemas de producción tropical, han señalado que es frecuente encontrar un alto porcentaje de vacas vacías en estado de ciclicidad. Esto sugiere que, más allá de limitaciones nutricionales, existen deficiencias en el manejo reproductivo, particularmente en la detección de celo, el momento del servicio y la eficiencia de las biotecnologías reproductivas (Dobson & Smith, 2000; Vera et al., 2018). Este fenómeno muestra la necesidad de integrar indicadores fisiológicos y productivos que permitan comprender con mayor precisión las causas de la baja fertilidad en estos sistemas.

Por otra parte, el genotipo de los animales desempeña un papel importante en la eficiencia reproductiva, bajo condiciones tropicales. La utilización de cruzamientos entre razas *Bos taurus* y *Bos indicus* ha sido una estrategia ampliamente implementada para aprovechar los efectos de heterosis y mejorar la adaptación al ambiente, la resistencia al estrés térmico y el desempeño reproductivo (Román et al., 2018; López-Ordaz et al., 2009). En este sentido, se ha documentado que los genotipos cruzados pueden presentar ventajas en parámetros reproductivos, en comparación con animales *Bos indicus* puros, aunque estos efectos pueden variar dependiendo del sistema de manejo y las condiciones ambientales (Arce et al., 2017; García-Díaz et al., 2018).

A pesar de la importancia de estos factores, existe información limitada que integre de forma simultánea la condición ovárica y el genotipo como determinantes de la tasa de gestación en sistemas de doble propósito en condiciones tropicales. El estudio de esta interacción es fundamental para diseñar estrategias de manejo y programas de mejoramiento genético orientados a incrementar la eficiencia reproductiva y la productividad de los hatos. Por lo tanto, nuestro objetivo fue evaluar el efecto del genotipo y la condición ovárica sobre la tasa de gestación en bovinos de doble propósito en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y manejo del hato

El estudio se realizó en una unidad de producción pecuaria (UPP) ubicada en la localidad de Vargas, municipio de Veracruz, México (19°12' N, 96°08' O; 10 msnm) (Grajeda, 2022). El clima es tropical cálido, con temperatura media anual de 25.3 °C y un régimen de lluvias concentrado de junio a septiembre, seguido de un periodo prolongado de sequía (SECTUR, 2019).

El sistema de producción fue de doble propósito, con manejo en áreas de pastoreo diferenciadas (zonas alta y baja). En la zona alta se utilizaron pastos *Panicum maximum*, *Cynodon plectostachium* y *Digitaria decumbens*, mientras que en la zona baja predominó *Brachiaria mutica*. Durante la época de estiaje se implementó suplementación con ensilado, sales minerales *ad libitum* y bloques nutricionales.

El manejo reproductivo incluyó inseminación artificial (IA), inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y monta controlada, con detección de celo mediante toro marcador y observación directa dos veces al día. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación transrectal dos veces al mes. Las hembras permanecieron en el sistema hasta siete partos o un máximo de 10 años en producción. El programa sanitario incluyó vacunación contra derriengue, clostridiosis, pasteurelosis, leptospirosis, IBR y DVB, así como control de parásitos internos y externos.

Base de datos y variables analizadas

Se utilizó información retrospectiva registrada en tarjetas individuales de animales, posteriormente fue digitalizada en hojas de cálculo. El periodo de estudio comprendió ocho años (1996-2004), con un total de 1,818 hembras evaluadas.

Las variables analizadas fueron:

- Tasa de gestación (TG): variable dicotómica (1 = gestante; 0 = vacía).
- Condición ovárica asociada a fertilidad (COF): clasificada como vacía ciclando (VC), vacía en anestro (VA), posible gestante (PG) y gestante (G).
- Genotipo de la vaca: *Bos indicus* y cruza *Bos indicus* × *Bos taurus* (Holstein, Suizo Americano y Simmental).
- Año de registro: 1996-2004.
- Época del año: seca, lluvias y nortes.

Análisis estadístico

Tasa de gestación

Dada la naturaleza dicotómica de la variable tasa de gestación, se utilizó un modelo lineal generalizado mixto mediante el procedimiento PROC GLIMMIX de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), asumiendo distribución binomial y función de enlace logit.

Inicialmente se evaluó la interacción entre genotipo de la vaca y condición ovárica; sin embargo, al no resultar significativa ($p > 0.05$), esta se excluyó del modelo final. En consecuencia, el modelo final incluyó únicamente los efectos fijos de genotipo, año y época del año:

$$\text{logit}(p_{ijk}) = \mu + G_i + A_j + E_k + e_{ijk}$$

donde:

- p_{ijk} : probabilidad de gestación de la hembra
- μ : media general
- G_i : efecto fijo del genotipo de la vaca
- A_j : efecto fijo del año
- E_k : efecto fijo de la época del año
- e_{ijk} : error aleatorio

Las medias ajustadas se estimaron en la escala logit y posteriormente se transformaron a la escala original de probabilidad, mediante la opción ILINK.

Adicionalmente, se estimaron razones de momios (odds ratios, OR) y sus intervalos de confianza al 95% para cuantificar el efecto del genotipo sobre la probabilidad de gestación, utilizando como categoría de referencia el genotipo *Bos indicus*. Los OR se derivaron de los coeficientes estimados en la escala logit del modelo. La significancia estadística se estableció en $p < 0.05$.

Condición ovárica

La distribución de frecuencias de la condición ovárica fue analizada mediante una prueba de asociación de ji cuadrada (χ^2), con el fin de evaluar la proporción de hembras en las diferentes categorías reproductivas. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Comparación de medias

Las diferencias entre medias ajustadas se evaluaron mediante comparaciones múltiples, considerando significativas aquellas con $p < 0.05$.

RESULTADOS

Condición ovárica y efectos sobre la tasa de la gestación

Se realizaron un total de 8,150 evaluaciones, mediante palpación transrectal, en 1,818 hembras durante el periodo de estudio. La distribución de la condición ovárica mostró diferencias significativas entre categorías ($\chi^2 = 3872.669$; $p < 0.001$). Del total de observaciones, el 51.29% correspondió a vacas gestantes, mientras que el 45.31% se clasificó como vacas vacías. Dentro de estas últimas, la mayor proporción correspondió a vacas vacías ciclando (56.93%), en comparación con vacas en anestro (43.07%). Adicionalmente, el 3.41% de las observaciones se clasificó como posibles gestantes (Tabla 1). El análisis mediante modelo lineal generalizado mixto (GLIMMIX) mostró que el genotipo de la vaca y el año de evaluación influyeron significativamente sobre la tasa de gestación ($p < 0.01$), mientras que el efecto de la época del año no fue significativo ($p > 0.05$).

■ Tabla 1. Número y frecuencias observadas de la condición ovárica en vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz.

Condición ovárica	Número de animales	%
Gestante	4180	51.29
Posible Gestante	278	3.41
Vacía Anestro	1590	19.51
Vacía Ciclando	2102	25.79
Total	8, 150	100

Efecto del genotipo

Las medias ajustadas de la tasa de gestación (escala original, ILINK) mostraron diferencias entre genotipos (Tabla 2). Las vacas cruzadas *Bos indicus* × *Bos taurus* presentaron mayores probabilidades de gestación, en comparación con las vacas *Bos indicus* puras.

El genotipo Cebú × Simmental presentó la mayor tasa de gestación (0.55 ± 0.02), seguido por Cebú × Suizo Americano (0.52 ± 0.03) y Cebú × Holstein (0.51 ± 0.02), mientras que el Cebú puro mostró la menor tasa (0.48 ± 0.03). Se observaron diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados ($p < 0.05$).

■ Tabla 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para la tasa de gestación de vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* × *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz, por genotipo.

Genotipo de la vaca	Media
Cebú	0.48 ± 0.03 a
Cruzas de Holstein	0.51 ± 0.02 a
Cruzas de Suizo Americano	0.52 ± 0.03 ab
Cruzas de Simmental	0.55 ± 0.02 b

a b Medias con diferente literal, en la misma columna, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Las razones de momios mostraron diferencias en la probabilidad de gestación entre genotipos. En comparación con las vacas Cebú × Simmental, las vacas Cebú presentaron una menor probabilidad de gestación (OR = 0.76; IC 95%: 0.66-0.88), así como las vacas Cebú × Holstein (OR = 0.84; IC 95%: 0.75-0.94). En contraste, las vacas Cebú × Suizo Americano no mostraron diferencias significativas (OR = 0.90; IC 95%: 0.73-1.12) (Tabla 3).

■ Tabla 3. Razones de momio (OR) e intervalos de confianza al 95% para la tasa de gestación, por genotipo

Genotipo de la vaca	OR	IC 95%	Interpretación
Cebú vs cruzas de Simmental*	0.76	0.66 - 0.88	Menor probabilidad
Cruzas de Holstein vs cruzas de Simmental	0.84	0.75 - 0.94	Menor probabilidad
Cruzas de Suizo Americano vs cruzas de Simmental	0.90	0.73 - 1.12	No diferente

*Referencia: Cebú × Simmental (XSM)

Efecto de la época y año

No se detectaron diferencias significativas, en la tasa de gestación, entre épocas del año ($p > 0.05$). Las medias ajustadas fueron similares entre la época de seca (0.52 ± 0.03), lluvias (0.52 ± 0.02) y nortes (0.51 ± 0.03) (Tabla 4). El efecto de año resultó significativo ($p < 0.01$), existe variabilidad en la tasa de gestación a lo largo del periodo de estudio (1996-2004). Sin embargo, no se observó una tendencia clara, creciente o decreciente, en los valores anuales (datos no mostrados).

■ Tabla 4. Medias de cuadrados mínimos y error estándar para la tasa de gestación en vacas cruzadas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* en una UPP en la zona costera de Veracruz, por época del año

Categoría	Media
1 época de seca	0.52 ± 0.03 a
2 época de lluvias	0.52 ± 0.02 a
3 época de nortes	0.51 ± 0.03 a

a b Medias con diferente literal, en la misma columna, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

La eficiencia reproductiva en sistemas de doble propósito, en el trópico, es el resultado de una compleja interacción entre factores fisiológicos, genéticos y de manejo (Galina & Geffroy, 2023). En el presente estudio, la tasa de gestación observada (51.29%) se encuentra dentro del rango reportado para sistemas tropicales (40–55%), esto confirma que, aun bajo condiciones de manejo controlado, la eficiencia reproductiva en estas regiones continúa siendo limitada (Dobson & Smith, 2000; Vera et al., 2018).

Se encontró una alta proporción de vacas vacías en estado de ciclicidad (56.93%), esto muestra que una parte importante de las hembras presentaba actividad ovárica funcional sin lograr la gestación. Las limitaciones reproductivas en la UPP no están asociadas a deficiencias fisiológicas o nutricionales, sino a inconsistencias en el manejo zootécnico; particularmente, en la detección del estro, la oportunidad del servicio y la eficiencia de la inseminación artificial. Esto ha sido ampliamente documentado en sistemas tropicales, donde el desempeño reproductivo depende de la precisión en la identificación del celo y los protocolos de sincronización (Dobson & Smith, 2000; Diskin & Sreenan, 2000).

En el genotipo, los resultados evidenciaron que las cruza *Bos indicus* × *Bos taurus* presentaron una mayor probabilidad de gestación, en comparación con el ganado *Bos indicus* puro. Este comportamiento se atribuye a los efectos de la heterosis. Esto favorece la fertilidad, la adaptación al ambiente y la eficiencia reproductiva (Román et al., 2018). El genotipo Cebú × Simmental mostró la mayor probabilidad de concepción, esto concuerda con lo reportado por López-Ordaz et al. (2009), quienes destacaron la contribución de la raza Simmental en la precocidad sexual y el desempeño reproductivo.

Las razones de momios obtenidos en este estudio muestran que las diferencias entre genotipos, aunque moderadas, son consistentes desde el punto de vista biológico. Las vacas Cebú presentaron una menor probabilidad de gestación, en comparación con las cruza. Si bien el ganado *Bos indicus* posee ventajas adaptativas en ambientes tropicales, estas no necesariamente se traducen en una mayor eficiencia reproductiva bajo condiciones de manejo intensivo o semi-intensivo. Resultados similares fueron reportados por Arce et al. (2017) y García-Díaz et al. (2018), quienes documentaron un efecto significativo del genotipo sobre parámetros reproductivos en sistemas tropicales.

El efecto de la época del año no fue significativo en este estudio, esto se atribuye a la implementación de estrategias de suplementación nutricional, durante el periodo de estiaje. Esto demuestra que un

manejo nutricional adecuado mitiga los efectos estacionales sobre la reproducción y reduce la variabilidad asociada a factores ambientales. Sin embargo, este comportamiento contrasta con los reportes en otras investigaciones, bajo condiciones tropicales, donde la época del año influye de manera determinante en la eficiencia reproductiva, debido al estrés térmico y las fluctuaciones en la disponibilidad de forraje (Arce et al., 2017; López et al., 2010).

El efecto significativo del año de evaluación reflejó la influencia de variables no controladas asociados a las prácticas de manejo, la variabilidad climática o la eficiencia operativa del sistema a lo largo del tiempo. Este comportamiento coincidió con lo reportado en investigaciones previas de sistemas tropicales. El año actuó como un factor integrador de múltiples fuentes de variación (García-Díaz et al., 2018; Viamonte, 2010).

Los resultados de este estudio mostraron que la mejora de la eficiencia reproductiva, en sistemas de doble propósito en el trópico, no depende exclusivamente del componente genético, sino de la interacción entre el potencial genético de los animales y la eficiencia del manejo reproductivo. En este sentido, la implementación de estrategias integradas que incluyan selección genética, mejora en la detección de celo y la optimización de las biotecnologías reproductivas representa una vía fundamental para incrementar la productividad de estos sistemas.

CONCLUSIONES

La eficiencia reproductiva estuvo limitada por deficiencias en el manejo reproductivo, evidenciadas por la alta proporción de vacas ciclando no gestantes. El genotipo influyó significativamente en la probabilidad de gestación, con ventajas consistentes de las cruzas *Bos indicus* × *Bos taurus* sobre el ganado *Bos indicus* puro. La ausencia de efecto de la época del año sugiere que el manejo nutricional puede mitigar la estacionalidad reproductiva en condiciones tropicales.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de igual manera en la concepción o diseño del trabajo, redacción, revisión crítica y final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Arce, C., Aranda, I. E. M., Osorio, M. M., González, R., Díaz P., & Hinojosa, J. A. (2017). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 83-91. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Barrón, B. O. G., Avilés R. R., Sahagún, Á. C. A., Alcalá, R. J. S., Arispe, V. J., & Garza, C. R. D. (2023). Caracterización de unidades de producción familiar de bovinos, Llera, Tamaulipas, México. *Abanico Boletín Técnico*, 2, 1-21.
- Diskin, M. G., & Sreenan, J. M. (2000). Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development*, 40(5), 481-491. <https://doi.org/10.1051/rnd:2000112>
- Dobson, H., & Smith, R.F. (2000). What is stress, and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science*, 60-61, 743-752. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00080-4](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00080-4)
- Galina, C. S., & Geffroy, M. (2023). Dual-purpose cattle raised in tropical conditions: what are their

- shortcomings in sound productive and reproductive function. *Animals*, 13(13), 2224. <https://doi.org/10.3390/ani13132224>
- García, D. J. R., Scull, S. J., Sarria, S. Y., Pérez, B. Y., & Hernández, B. M. (2018). Comportamiento reproductivo de los genotipos Cebú y 5/8 Cebú x 3/8 Simmental en la región central de Cuba. *Revista de Producción Animal*, 30(2), 44-51.
- Grajeda, R. R. M. (2022). Indicadores de ICUS y NDVI. Observatorio Universitario Metropolitano de Veracruz. Universidad Veracruzana.
- Kojima, F. N. (2003). The estrous cycle in cattle: physiology, endocrinology, and follicular waves. *The Professional Animal Scientist*, 19(2), 83-95. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31387-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31387-5)
- Komatsu, K., & Masubuchi, S. (2016). Observation of the dynamics of follicular development in the ovary. *Reproductive Medicine and Biology*, 16(1), 21-27. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12010>
- López, O. R., García, R. C., García, J. G., & Ramírez, R. V. (2009). Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(4), 435-448.
- López, O. R., Díaz, M. H., García, J. G., Núñez, R. D., & Martínez, P. A. (2010). Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4), 325-336.
- Martín del Campo, J. A. (2019). Punto de acuerdo. Evitar el ingreso de ganado ilegal a territorio nacional y prevenir cualquier tipo de riesgo zoonosanitario Gaceta del Senado de la República. <https://www.senado.gob.mx>
- Román, P. H., Rodríguez, C. M. A., Aguilera, S. R., & Rivera, V. G. H. (2018). La transferencia de tecnología bovina en las regiones tropicales de México. En E. González Padilla & J. L. Dávalos Flores (Coords.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (2ª ed., pp. 331-341). REDGATRO. Recuperado de https://redgatro.fmvz.unam.mx/docs/Estado_arte.pdf.
- SECTUR. Secretaría de Turismo. (2019). Veracruz me llena de orgullo. Recuperado de <https://www.veracruz.mx/destino.php?Municipio=90>.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). La ganadería: símbolo de fortaleza del campo mexicano.
- Vera, A. H. R., Villa, G. A., Jiménez, S. H., Álvarez G. H., De la Torre, S. J. F., Gutiérrez, A. C. G., León, V. H., Ruiz, H. H., Ruiz, M. A., González, G. F., Santos, E. R., & Hernández, M. J. H. (2018). Eficiencia reproductiva de los bovinos en el trópico. En E. González Padilla & J. L. Dávalos Flores (Coords.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (2ª ed., pp. 193-236). REDGATRO. Recuperado de https://redgatro.fmvz.unam.mx/docs/Estado_arte.pdf.
- Viamonte, M. (2010). Sistema de manejo para incrementar la productividad en vacas de la raza Criolla cubana. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencia Animal (ICA) San José de las Lajas, La Habana, Cuba.



Composición descriptiva de ácidos grasos en carne de filete y fajita de Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) de Tamaulipas

Descriptive fatty acid composition in fillet and fajita (*Ictalurus punctatus*) meat of Channel catfish from Tamaulipas

Grethel Martínez-Rubio¹, Adriana L. Perales-Torres², Leilany Margarita Esparza-Acebo¹, Isidro Otoniel Montelongo-Alfaro³, Flaviano Benavides-González⁴, Ana L. Lara-Rivera⁵, Xochitl Fabiola De La Rosa-Reyna¹, Aldo Vega-Esquivel¹, Gaspar Manuel Parra-Bracamonte^{1*}

RESUMEN

El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) es una especie endémica del noreste de México. Tiene potencial acuícola en Tamaulipas, aunque su producción ha ido disminuyendo. Para valorar su calidad nutricional y contribuir a la reactivación del sector, este estudio evaluó la composición de ácidos grasos en dos cortes de tejido cárnico: filete y fajita de 41 organismos. Se usó cromatografía de gases y se identificaron 25 ácidos grasos. La fajita presentó concentraciones mayores de ácidos grasos saturados (142.57 vs. 34.84 mg/100 g), monoinsaturados (261.21 vs. 64.80 mg/100 g) y poliinsaturados (105.55 vs. 32.92 mg/100 g) en comparación con el filete. En ambos cortes predominaron el ácido palmítico (C16:0), oleico (C18:1n9c) y linoleico (C18:2n6c). Las relaciones omega 6/omega 3 fueron de 12.9 en filete y 8.4 en fajita. Fueron valores superiores a los recomendados para una dieta saludable. Este es el primer estudio en México que caracteriza el perfil lipídico de la carne de bagre de canal y destaca la fajita como un corte subutilizado, pero que tiene alto valor energético y potencial comercial.

Palabras clave: DHA, EPA, fajita, filete, omega

*Autor para correspondencia: gparra@ipn.mx

Fecha de aceptación: 8 de junio de 2026

ABSTRACT

The channel catfish (*Ictalurus punctatus*) is a species endemic to northeastern Mexico. It has aquaculture potential in Tamaulipas, although its production has been declining. To assess its nutritional quality and contribute to the revitalization of the sector, this study evaluated the fatty acid composition in two cuts of meat: fillet and fajita, from 41 individuals. Gas chromatography was used, and 25 fatty acids were identified. The fajita had higher concentrations of saturated fatty acids (142.57 vs. 34.84 mg/100 g), monounsaturated (261.21 vs. 64.80 mg/100 g), and polyunsaturated (105.55 vs. 32.92 mg/100 g) compared to the fillet. In both cuts, palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1n9c), and linoleic acid (C18:2n6c) predominated. The omega-6/omega-3 ratios were 12.9 in fillet and 8.4 in fajita. These values were higher than those recommended for a healthy diet. This is the first study in Mexico to characterize the lipid profile of channel catfish meat and highlights the fajita as an underutilized cut that nevertheless has high energy value and commercial potential.

Keywords: DHA, EPA, fajita, meat, omega

Fecha de recepción: 26 de abril de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹ Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México.

² Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Reynosa, Tamaulipas, México.

³ Universidad Tecnológica del Mar de Tamaulipas Bicentenario, La Pesca, Soto La Marina, Tamaulipas, México.

⁴ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

⁵ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

INTRODUCCIÓN

El creciente interés global por la acuicultura, como fuente de proteína sostenible, ha posicionado el cultivo del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) como una actividad económica en regiones como Tamaulipas, México (García-De-León et al., 2005; Mendoza-Pacheco et al., 2019; Parra-Bracamonte et al., 2017).

Esta especie ha sido importante para la acuicultura en Tamaulipas (Parra-Bracamonte et al., 2011; Parra-Bracamonte et al., 2024). A pesar de esto, la producción de crías y engorde disminuyó en los últimos años. La vocación acuícola de la región es latente y existe un potencial para el mejoramiento productivo y el fomento de su consumo. El bagre de canal nativo, de la región noreste del México, ha mostrado tener una gran adaptación. Se han identificado, posiblemente, cinco orígenes que trazan líneas genéticas que son potencialmente útiles para el mejoramiento (Lara-Rivera et al., 2019). Las condiciones climáticas, con inviernos fríos; veranos y primaveras cálidos, facilitan la maduración de las gónadas, la reproducción y la engorda. Entonces, la industria tiene los recursos necesarios para ofrecer productos de calidad y en cantidad (Parra-Bracamonte et al., 2011).

En México, se han hecho estudios para resolver problemas como la evaluación de la endogamia en las granjas reproductoras bagre de canal (Parra-Bracamonte et al., 2011), la caracterización de los sistemas de producción (Lara-Rivera et al., 2015), la descripción genética de líneas, el establecimiento de programas de mejoramiento (De-la-Rosa-Reyna et al., 2014; Lara-Rivera et al., 2019; Suárez-Salgado et al., 2016), la caracterización de aspectos reproductivos (Parra-Bracamonte et al., 2017), la diferenciación de especies etiquetados genéricamente como bagre de canal (Lara-Rivera et al., 2018), los estudios genómicos de caracteres de crecimiento (Suárez-Salgado et al., 2020) y estudios enfocados en ácidos grasos de uso potencial para el fomento del consumo (Mendoza-Pacheco et al., 2019; Mendoza-Pacheco et al., 2021; Parra-Bracamonte et al., 2024). En estos últimos, se ha sugerido que el análisis de los caracteres de la carne y su calidad nutricional puede ayudar para el establecimiento de programas para incentivar el consumo, con la generación de esquemas comparativos con otras especies importadas en los mercados regionales y nacionales.

La evaluación de la calidad nutricional, de los productos acuícolas, se centra en el estudio del perfil de ácidos grasos. Los omega-3 y omega-6 son conocidos por sus efectos benéficos en la salud humana (Armendáriz & Salinas, 2024; Baeza et al., 2014). Los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGPI), que incluyen ácido alfa-linolénico (ALA), eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) son componentes esenciales de las membranas celulares. Influyen en su función y aportan efectos cardioprotectores y neuroprotectores (Wang et al., 2023), por su papel en el desarrollo y la prevención de enfermedades crónicas (Jannas-Vela et al., 2023; Shahidi & Ambigaipalan, 2018). Los omega-6, como el ácido linoleico (LA) y araquidónico (AA), participan en la estructura celular y en procesos inflamatorios, siendo decisivos en su equilibrio con los omega-3 para mantener la homeostasis fisiológica.

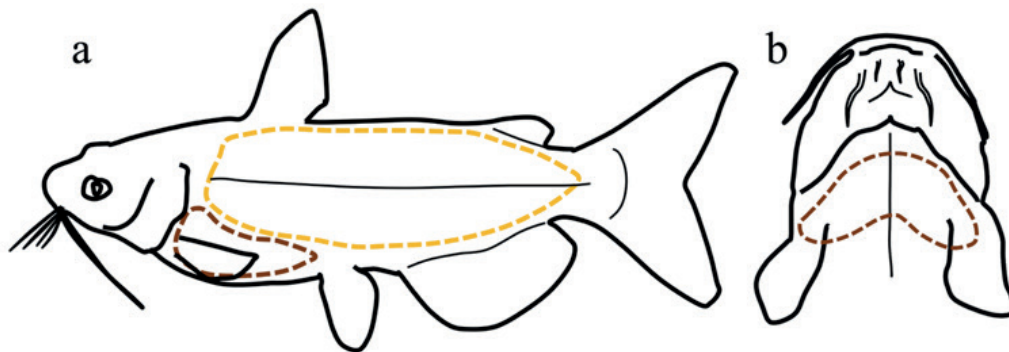
Diversos estudios han evaluado el perfil de ácidos grasos en el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y en especies acuícolas afines, estos aportan evidencia clave sobre la calidad nutricional. Investigaciones como las de Nettleton et al. (1990) en Estados Unidos reportaron un predominio de ácidos grasos monoinsaturados en filetes de bagre de granja, aunque con bajo contenido de omega-3. Akoh y Hearnberger (1993) encontraron que los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) representan alrededor del 19% del total lipídico, con un escaso porcentaje de PUFA n-3 (4.22%). En tilapia y

bocachico, Restrepo et al. (2012), encontraron una alta proporción de ácidos grasos saturados y un desbalance en la relación omega 6/omega 3. En trucha arcoíris, Arcos et al. (2008) reportaron una buena presencia de ácidos grasos poliinsaturados, con predominancia de linolénico (26.8%) y linoleico (23.5%). Recientemente, Parra Bracamonte et al. (2024) destacaron la importancia de conocer el contenido de ácidos grasos en el bagre de canal como una herramienta para fomentar su consumo y revitalizar su producción en regiones como Tamaulipas. Estos estudios son necesarios, para comprender la calidad nutricional de los productos acuícolas, y justificar la realización de nuevas investigaciones en la caracterización de la abundancia y composición de ácidos grasos en cortes específicos de bagre de canal.

Estas investigaciones pueden ayudar a incentivar el consumo y reactivar la producción en el estado de Tamaulipas, además corroborar el potencial como alimento rico en ácidos grasos benéficos. El objetivo del presente estudio fue identificar la abundancia y la composición de ácidos grasos en la carne de fajita y de filete de bagre de canal en el estado de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron muestras de tejido muscular de bagre de canal en vida libre ($n = 16$) y granja ($n = 25$) de Tamaulipas, dando un total de 41 organismos. Se extrajeron muestras de tejido cárnico provenientes del filete y la fajita. La Figura 1 muestra las secciones de muestreo de cada tipo de tejido cárnico extraído. De cada organismo muestreado se registró la longitud furcal, peso corporal, peso del hígado y origen. Tras la recolección, las muestras se transportaron al laboratorio y se preservaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Antes del análisis, se descongelaron, lavaron con agua destilada y fueron homogeneizadas.



■ Figura 1. Ilustración de las secciones de tejido cárnico correspondientes a filete (amarillo) y fajita (marrón) en vista lateral (a) y ventral anterior (b) en el bagre de canal. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de grasa cruda se realizó por triplicado, según el método de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC), utilizando el sistema Soxtec™ 2045 (FOSS, Selandia, Dinamarca). La extracción de lípidos se realizó con el kit de extracción de ácidos grasos de Sigma-Aldrich (Cat: MAK174), siguiendo las instrucciones del fabricante. Los ácidos grasos se transformaron en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) mediante metilación ácida. El análisis de los FAME se llevó a cabo mediante cromatografía de gases, con detector de ionización de llama (GC-FID) en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies equipado con una columna capilar HP-88 (100 m ×

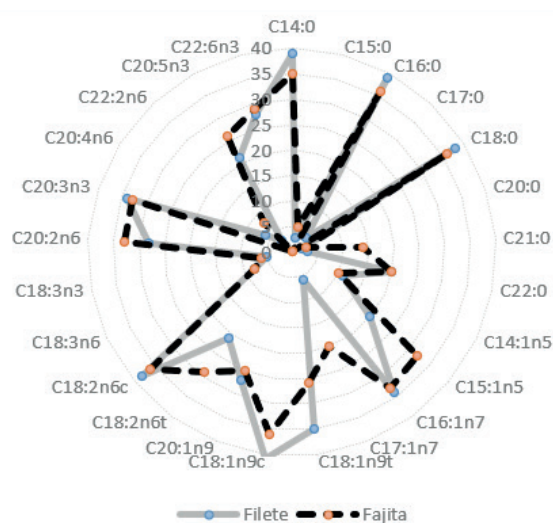
0.250 mm i.d., 0.20 μ m; Agilent Technologies, California, U.S.A.). Las condiciones de operación del GC-FID fueron: temperatura del inyector, 250 °C; temperatura del detector, 260 °C; programa de temperatura del horno: 175 °C durante 8 min, aumentó a 4 °C/min hasta 205 °C (tiempo total: 65 min). Se utilizó helio como gas portador y nitrógeno como gas auxiliar. Se inyectó manualmente 1 μ L de muestra con una relación de división de 100:1. La identificación y cuantificación de los FAME se realizaron por comparación de los tiempos de retención con una mezcla estándar de 37 componentes (Supelco™ 37 Component FAME mix, Cat no. CRM47885, Supelco, USA). El contenido de ácidos grasos se estimó utilizando la siguiente fórmula: Cantidad de estándar interno (mg) $\times$ Área del pico del ácido graso en la muestra / Área del estándar interno $\times$ Peso del tejido (g).

El porcentaje de ácido graso se estimó a partir del total estimado de cada ácido graso cuantificado. Se estimó la abundancia de ácidos grasos, en porcentaje de ácido graso, presente por tipo de corte de carne y se estimaron las medias aritméticas, desviaciones estándar, máximos y mínimos de cada uno de los ácidos grasos, así como los totales de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

RESULTADOS

Se observó una amplia variabilidad en el contenido de ácidos grasos, tanto en filete como en fajita. Esto se reflejó en los amplios rangos (mínimos y máximos; tabla 1). Esta variabilidad puede ser atribuida a factores individuales de los organismos, por ejemplo, talla, alimentación y origen. Se aislaron, en total, 25 ácidos grasos. Ocho fueron saturados, siete monoinsaturados y diez poliinsaturados. La abundancia, en ambos cortes analizados, se muestra en la Figura 2.

Los más abundantes fueron el mirístico, esteárico, pentadecenóico, palmitoleico, oleico, linoleico, eicosadienoico y eicosatrienoico.



■ Figura 2. Abundancia (%) de ácidos grasos en dos tipos de cortes de carne de Bagre de Canal de Tamaulipas.

■ Tabla 1. Estadísticas descriptivas de contenido de ácidos grasos (mg/100 g) en carne de filete y fajita de bagre de canal de Tamaulipas.

Ácido graso	Símbolo	$\bar{x}_{\text{Filete}}$	SFilete	Mín.	Máx.	$\bar{x}_{\text{Fajita}}$	SFajita	Mín.	Máx.
Mirístico	C14:0	1.81	1.93	0.01	7.35	6.33	5.88	0.01	26.89
Pentadecanóico	C15:0	0.59	0.16	0.45	0.76	0.95	0.80	0.22	2.16
Palmítico	C16:0	26.59	23.67	2.41	107.59	107.11	87.72	3.24	332.22
Heptadecanóico	C17:0	4.95	1.66	3.80	7.40				
Estearico	C18:0	7.03	5.22	1.09	25.48	24.89	19.20	1.46	67.61
Araquídico	C20:0	1.77	0.80	1.20	2.33	4.15	1.79	2.16	5.64
Heneicosanóico	C21:0	5.72	6.55	1.05	13.21	2.94	3.49	0.03	11.83
Docosanóico	C22:0	0.52	0.64	0.03	2.26	5.03	3.01	1.42	11.96
Total saturados	AGS	34.84	29.87	2.01	141.43	142.57	115.90	4.71	436.99
Miristoleico	C14:1n5	1.68	3.72	0.01	12.77	3.58	3.18	0.43	10.70
Cis-10-Pendadecaenoico	C15:1n5	1.87	1.86	0.08	5.65	13.74	11.20	0.82	44.50
Palmitoleico	C16:1n7	3.60	4.78	0.02	20.75	3.43	5.48	0.01	22.23
Cis-10-Heptadecenoico	C17:1n7	4.30	6.27	0.00	16.20	2.88	4.34	0.02	18.90
Trans-9-elaidico	C18:1n9t	30.47	60.48	0.04	295.43	12.99	10.58	1.18	40.59
Oleico	C18:1n9c	31.96	30.89	5.28	157.86	222.93	214.01	0.07	805.50
Eicosanoico	C20:1n9	2.82	5.20	0.15	25.58	15.76	24.51	0.02	96.45
Total monoinsaturados	AGM	64.80	67.50	13.46	340.27	261.21	235.79	3.87	860.12
Linoleáidico	C18:2n6t	24.97	14.83	6.53	66.19	18.51	9.50	1.34	50.92
Linoleico	C18:2n6c	12.49	18.30	0.38	84.01	70.09	90.63	0.07	421.13
γ -linoleico	C18:3n6	1.63	1.82	0.07	5.57	5.17	3.30	1.34	10.59
Alpha-linolenic ALA	C18:3n3	2.35	1.95	0.17	3.83	2.58	5.00	0.06	12.71
Eicosadienóico	C20:2n6	6.87	11.80	0.02	46.82	7.20	17.16	0.05	97.11
Eicosatrienóico	C20:3n3	0.53	0.56	0.05	2.25	3.60	3.46	0.49	14.72
Araquidónico ARA	C20:4n6	6.77	2.94	2.99	11.77				
Docosadienóico	C22:2n6	2.64	1.64	0.75	3.61	6.83	5.20	0.63	15.31
Eicosapentaenóico EPA	C20:5n3	2.65	4.40	0.01	12.71	5.29	9.56	0.06	38.03
Docosaheptaenóico DHA	C22:6n3	0.41	0.23	0.05	0.84	4.63	4.10	0.22	14.43
Omega3	Omega3	2.36	4.32	0.00	17.75	11.29	11.89	0.60	56.02
Poliinsaturados	AGP	32.92	29.16	1.03	110.22	105.55	91.84	3.27	449.38

En el filete, los ácidos grasos predominantes, en términos de concentración media, fueron el oleico (C18:1n9c, 31.96 mg/100 g), palmítico (C16:0, 26.59 mg/100 g) y linoleico (C18:2n6c, 12.49 mg/100g). En cambio, en la fajita, destacaron marcadamente el oleico (222.93 mg/100g), palmítico (107.11 mg/100 g) y linoleico (70.09 mg/100 g). Los ácidos grasos saturados totales (AGS) fueron más bajos en filete (34.84 mg/100 g) que en fajita (142.57 mg/100 g), al igual que los

monoinsaturados (AGM: 64.80 vs. 261.21 mg/100 g) y los poliinsaturados (AGP: 32.92 vs. 105.55 mg/100 g). Esta tendencia muestra que la fajita presenta un contenido lipídico total superior, esto es consistente con cortes que incluyen una mayor proporción de grasa intramuscular y de tejido conectivo.

En cuanto a los ácidos grasos poliinsaturados, se detectaron cantidades apreciables de omega-3, principalmente EPA, DHA y ALA y omega-6, linoleico y araquidónico. En filete, el contenido medio de omega-3 fue de 2.36 mg/100 g y el de omega-6 de 30.56 mg/100 g, resultando en una relación omega-6/omega-3 de aproximadamente 12.9. En fajita, los valores fueron de 11.29 mg/100 g para omega-3 y 94.27 mg/100 g para omega-6, con una relación de 8.4.

DISCUSIÓN

La composición de ácidos grasos del bagre de canal de Tamaulipas mostró un perfil similar al reportado en otros estudios de esta especie. Por ejemplo, Chanmugam et al. (1986) encontraron, en bagre de canal cultivado en Estados Unidos, que los ácidos grasos predominantes eran los ácidos oleico, palmítico y linoleico, la concentración variaba con la dieta. La alta proporción de oleico y linoleico en la fajita sugiere un aporte significativo de grasas de origen vegetal en la alimentación de los peces. Estos ácidos grasos son característicos de aceites de soya y maíz, ingredientes utilizados en alimentos balanceados (Bell et al., 2001).

Se encontró contenido lipídico, entre filete y fajita, dado que la fajita proviene de la región ventral y muscular con mayor infiltración grasa. Estudios previos en bagre han reportado que la composición de ácidos grasos puede variar entre las distintas partes del músculo, influenciada por la función metabólica y la proximidad a depósitos de grasa visceral (Nettleton et al., 1990). En este sentido, los valores más altos de AGS, AGM y AGP en la fajita reflejan una mayor densidad energética.

Desde el punto de vista nutricional, el bagre de canal es considerado una fuente de proteína de alta calidad. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos puede no ser óptimo para la salud cardiovascular cuando se consume en exceso, debido a su relación omega-6/omega-3. Diversos autores recomiendan incrementar el consumo de ácidos grasos omega-3 de cadena larga, EPA y DHA, para contrarrestar los efectos proinflamatorios de los omega-6 (Simopoulos, 2002). En el presente estudio, los niveles de EPA y DHA fueron bajos en comparación con peces marinos grasos como el salmón, pero se encuentran dentro del rango típico para el bagre de cultivo (Karapanagiotidis et al., 2006). La presencia de DHA en fajita (4.63 mg/100 g) supera a filete (0.41 mg/100 g), esto puede ser explicado por una mayor retención de este ácido graso en tejidos con mayor contenido lipídico. Estas relaciones superan ampliamente los valores recomendados para una dieta saludable ($\leq 4-5$). Este es un perfil lipídico con predominio de omega-6, característico de peces cultivados alimentados con dietas basadas en ingredientes vegetales (Turchini et al., 2009).

La variabilidad observada, dentro de cada corte (altas desviaciones estándar), en este estudio descriptivo, puede estar relacionada con el origen de los organismos (granja vs. vida libre). Los peces silvestres tienden a presentar perfiles lipídicos diferentes, debido a la dieta natural basada en invertebrados y peces pequeños (Rasoarahona et al., 2005). Se recomiendan estudios posteriores que consideren el origen, manejo, alimentación y estacionalidad. Esto ayudaría a explicar la fuente de la variabilidad de la presente investigación.

Implicaciones

En el presente estudio, se analizó el contenido de ácidos grasos de la carne de bagre de canal de Tamaulipas. Esto constituye el primer estudio de esta naturaleza en México. El bagre de canal es una especie de importancia fundamental para el estado, es endémica y tiene un rápido proceso de domesticación y reproducción. Las granjas de producción tienen complicaciones (Lara-Rivera et al., 2015) que han provocado el declive de la producción, tanto del pescado entero como de crías para su disseminación en diferentes estados con sistemas de engorde. Esto produce un déficit en la productividad del producto.

En términos de uso, la carne de bagre de canal se consume en filete o pescado entero para caldos. Algunos productores visionarios decidieron extraer la porción ventral de músculo (Figura 1) que generalmente era subutilizada, se llama fajita. Esta porción representa entre el 6% y el 7% del peso obtenido del filete (datos no publicados). Su aprovechamiento es significativo, aunque no muy conocido. Actualmente, la mayor parte de la producción se destina a la venta como pescado entero.

El conocimiento, de la variación en el contenido, de AG en fajita de bagre de canal local promueve el establecimiento de un enfoque comercial que apoye la comercialización y el reconocimiento de esta especie. Existen otros productos introducidos más conocidos, por ejemplo: Tilapia (*Oreochromis* sp.) y Basa (*Pangasius* sp.), que no son locales. A nivel nacional, la facilidad de reproducción y aceptación han situado a estas especies por encima de otras especies nativas.

El bagre Basa no representa una competencia real, esta reemplazando al bagre de canal en el consumo y venta, en cierta medida, por la falta de clarificación en su venta genérica (Lara-Rivera et al., 2023). La promoción del consumo de carne de bagre representa una oportunidad para posicionar esta especie frente a otras. Además, el cultivo de bagre en el estado es más rentable y tiene una recuperación de inversión más rápida que la tilapia, camarón y ostión (Trejo-Igueravide, 2017).

CONCLUSIONES

Se encontró una marcada diferencia entre los cortes: la fajita presenta un mayor contenido lipídico total y concentraciones más altas de ácidos grasos que el filete. En ambos cortes predominan los ácidos grasos oleico, palmítico y linoleico, con una relación omega-6/omega-3 elevada (8.4-12.9:1). La fajita, un corte subutilizado, adquiere valor comercial por su contenido nutricional. Este puede ser mejorado a través del manejo alimenticio. El bagre de canal, endémico, debe ser posicionado comercialmente y servir de base para la reactivación del sector. Hacen falta estudios específicos que consideren origen, manejo, alimentación y estacionalidad.

Esta investigación es la primera que se hace en México para caracterizar el perfil de ácidos grasos del bagre de canal en Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología (COTACyT) por el financiamiento del proyecto SIP-2021-RE/027, y al Instituto Politécnico Nacional, a través de los proyectos de la Secretaría de Investigación y Posgrado, 20210381 y 20220055.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Los autores declaran que no tienen algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- Akoh, C. C., & Hearnberger, J. O. (1993). Fatty acid profiles of farm raised catfish fillet. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1(2), 43-55. https://doi.org/10.1300/J030v01n02_06
- Armendáriz, M. D. U., & Salinas, J. V. C. (2024). Los ácidos grasos Omega 3 y Omega 6. *Revista de Educación Bioquímica*, 43(2), 78-83.
- Baeza, R., Alegria, A., & García-Díez, F. J. (2014). Dietary sources of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids and their role in health and disease. *Grasas y Aceites*, 65(1), 20-07.
- Bell, J. G., McEvoy, J., Tocher, D. R., & Sargent, J. R. (2001). Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition*, 131(5), 1535-1543. <https://doi.org/10.1093/jn/131.5.1535>
- Burgos Arcos, Á., Imuez Figueroa, M. A., & Perdomo, D. A. (2008). Contenido de ácidos grasos esenciales en trucha arco iris. *Universidad y Salud*, 1(10), <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/231>
- Chanmugam, P., Boudreau, M., & Hwang, D. H. (1986). Differences in the ω 3 fatty acid contents in pond-reared and wild fish and shellfish. *Journal of Food Science*, 51(6), 1556-1557. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13859.x>
- Choi, J. Y., Park, H., Park, J. J., & Cho, I. H. (2023). Validation of the AOAC method for analyzing fatty acids in meat by-products for the Korean food composition database. *Food Science and Biotechnology*, 32(6), 847-854. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01223-8>
- De la Rosa-Reyna, X. F., Sifuentes-Rincón, A. M., Parra-Bracamonte, G. M., & Arellano-Vera, W. (2014). Identification of two channel catfish stocks, *Ictalurus punctatus*, cultivated in northeast Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(2), 104-114.
- García de León, F. J., Gutiérrez Tirado, D., Hendrickson, D. A., & Espinosa Pérez, H. (2005). Fishes of the continental waters of Tamaulipas: Diversity and conservation status. En J. L. E. Cartron, G. Ceballos & R. S. Felger (Eds.), *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico* (pp.138-166). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195156720.003.0008>
- Jannas-Vela, S., Espinosa, A., Candia, A. A., Flores-Opazo, M., Peñailillo, L., & Valenzuela, R. (2023). The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids and their lipid mediators on skeletal muscle regeneration: A narrative review. *Nutrients*, 15(4), 871. <https://doi.org/10.3390/nu15040871>
- Karapanagiotidis, I. T., Bell, M. V., Little, D. C., & Yakupitiyage, A. (2006). Polyunsaturated fatty acid content of wild and farmed tilapias in Thailand: Effect of aquaculture practices and implications for human nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4304-4310. <https://doi.org/10.1021/jf0581877>
- Lara-Rivera, A. L., Hidalgo-Gallardo, R., Montelongo-Alfaro, I. O., Ruiz-Salazar, R., De la Rosa-Reyna, X. F., Zúñiga-Cortez, A., Reyes-Rivera, P., Benavides-González, F., & Parra-Bracamonte, G. M. (2023). Growth rates and weight-length relationship of *Ictalurus punctatus* and *Pangasius hypophthalmus* catfishes in commercial experimental conditions. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 18(2), 102-109. <https://doi.org/10.54451/PanamJAS.18.2.102>
- Lara-Rivera, A. L., Parra-Bracamonte, G. M., Sifuentes-Rincón, A. M., Gojón-Báez, H. H., Rodríguez-González, H., & Montelongo-Alfaro, I. O. (2015). El bagre de canal (*Ictalurus*

- punctatus* Rafinesque, 1818): estado actual y problemática en México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(3), 424-434. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue3-fulltext-4>
- Lara-Rivera, A. L., Parra-Bracamonte, G. M., & Rosa-Reyna, X. F. D. L. (2018). Identification of three *Ictalurus* species in Mexico using cytochrome oxidase I gene sequencing. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(2), 475-481. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue2-fulltext-23>
- Lara-Rivera, A. L., Parra-Bracamonte, G. M., Sifuentes-Rincón, A. M., & De la Rosa-Reyna, X. F. (2019). Genetic diversity and structure of channel catfish from continental waters of Mexico. *North American Journal of Aquaculture*, 81(1), 74-80. <https://doi.org/10.1002/naaq.10073>
- Mendoza-Pacheco, O., Parra-Bracamonte, G. M., De-la-Rosa-Reyna, X. F., Sifuentes-Rincón, A. M., Montelongo-Alfaro, I. O., & Lara-Rivera, A. L. (2021). Novel polymorphisms in stearoyl-CoA desaturase (SCD) and fatty acid desaturase 2 (FADS2) in channel catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque, 1818). *Journal of Applied Ichthyology*, 37(1), 120-124. <https://doi.org/10.1111/jai.14155>
- Mendoza-Pacheco, O. M., Parra-Bracamonte, G. M., de-La-Rosa-Reyna, X. F., & Ambriz-Morales, M. S. R. Y. P. (2018). Genes candidatos para mejorar la deposición de ácidos grasos en carne de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). *Revista AquaTIC*, 51, 1-15.
- Nettleton, J. A., Allen, W. H., Klatt, L. V., Ratnayake, W. M., & Ackman, R. G. (1990). Nutrients and chemical residues in one- to two-pound Mississippi farm-raised channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of Food Science*, 55(4), 954-958. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01573>
- Parra-Bracamonte, G. M., Lara-Rivera, A. L., Sifuentes-Rincón, A. M., Martínez-González, J. C., Rosa-Reyna, X. F., Montelongo-Alfaro, I., & Moreno-Medina, V. R. (2017). Assessment of some nongenetic factors that affect egg mass weight of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(5), 979-982. <https://doi.org/10.3856/vol45-issue5-fulltext-13>
- Parra-Bracamonte, G. M., Perales-Torres, A. L., Magaña-Monforte, J. G., Lara-Rivera, A. L., Segura Correa, J. C., & García-Ruiz, Y. (2024). Channel catfish, a species with potential deposition of human-beneficial fatty acids. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(1), 1-12. <https://doi.org/10.3856/vol52-issue1-fulltext-3085>
- Parra-Bracamonte, G. M., Sifuentes-Rincón, A. M., Rosa-Reyna, X. F. D. L., & Arellano-Vera, W. (2011). Monitoreo de la variabilidad fenotípica, genética y genómica de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) de Tamaulipas como base para el establecimiento de planes de mejoramiento productivo. Informe Técnico Final Proyecto del Fondo Mixto de Fomento a la investigación Científica y Tecnológica Conacyt-Gobierno del Estado de Tamaulipas 150598. 147.
- Rasoarahona, J. R., Barnathan, G., Bianchini, J. P., & Gaydou, E. M. (2005). Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species from Madagascar. *Food Chemistry*, 91(4), 683-694. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.001>
- Restrepo, T. I., Díaz, G. J., & Pardo, S. C. (2012). Peces dulceacuícolas como alimento funcional: perfil de ácidos grasos en tilapia y bocachico criados en policultivo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 44-53.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 541-581. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)
- Suarez-Salgado, D., Herrera-Camacho, J., Lara-Rivera, A. L., & Parra-Bracamonte, G. M. (2016). Diversidad y origen genético de poblaciones introducidas de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*,

- Rafinesque, 1818), en el centro occidental de México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3), 525-534.
- Suárez-Salgado, D., Parra-Bracamonte, G. M., Benavides-González, F., Alfaro, I. O. M., Rincón, A. M. S., Moreno-Medina, V. R., & De la Rosa-Reyna, X. F. (2020). Non-synonymous polymorphisms in candidate gene associated with growth traits in Channel catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque, 1818). *Molecular Biology Reports*, 47(1), 87-95.
- Trejo-Igueravide, R. (2017). Evaluación de los cultivos acuícolas en Tamaulipas, México. *CienciaUAT*, 12(1), 114. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i1.740>
- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., & Ng, W. K. (2009). Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 10-57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x>
- Wang, Y. W., Li, Q., Li, X. Y., Zhao, Y. C., Wang, C. C., Xue, C. H., Wang Y. M., & Zhang, T. T. (2023). A comparative study about the neuroprotective effects of DHA-enriched phosphatidylserine and EPA-enriched phosphatidylserine against oxidative damage in primary hippocampal neurons. *Marine Drugs*, 21(7), 410. <https://doi.org/10.3390/md21070410>



Uso de residuos cítricos en la alimentación de bovinos y caprinos lecheros: revisión sistemática

Use of citrus waste in the feeding of dairy cattle and goats: a systematic review

Jenny Dalay Martínez-Maldonado¹, Gerardo Noé Rosales-Martínez¹, Jorge Alva-Pérez¹,
Ivonne Ceballos-Olvera¹, Luz Yosahandy Peña-Avelino^{1*}

RESUMEN

Los residuos cítricos superan los 120 millones de toneladas anuales a nivel mundial. Su aprovechamiento, desde la economía circular, contribuye a la reducción de los costos de alimentación y su impacto ambiental. Estos contienen compuestos bioactivos como flavonoides, polifenoles, carotenoides, fibra dietética y aceites esenciales que les confieren propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas. Los residuos están compuestos por pulpa, cáscaras y semillas que representan entre el 40 y 60% del peso de la fruta. En ganado bovino, la inclusión del 12.3% en MS en la dieta mejora la producción láctea diaria (38.0 kg/d). En cabras la inclusión del 59.4% en MS mejora la producción de leche diaria (reportando hasta 2.01 kg/d). Los residuos cítricos representan una alternativa viable y sostenible para la nutrición de rumiantes.

Palabras clave: Alimentación animal, bovinos, caprinos, producción de leche, residuos cítricos.

ABSTRACT

Citrus waste exceeds 120 million tons annually worldwide. Its utilization, within the framework of the circular economy, helps reduce food costs and its environmental impact. These residues contain bioactive compounds such as flavonoids, polyphenols, carotenoids, dietary fiber, and essential oils, which confer antioxidants, anti-inflammatory, and antimicrobial properties. It was found that the residues consist of pulp, peels, and seeds, which account for between 40% and 60% of the fruit's weight. In cattle, 12.3% in the diet improves daily milk production (38.0 kg/d). In goats, including 59.4%, resulted in milk production of (2.01 kg/d). Citrus waste represents a viable and sustainable alternative for ruminant nutrition.

Keywords: Animal feed, cattle, goats, milk production, citrus waste.

*Autor para correspondencia: lypena@docentes.uat.edu.mx

Fecha de aceptación: 8 de junio de 2026

Fecha de recepción: 18 de abril de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda, para el año 2050, será de un 73% en la producción de carne y 58% en leche. Esto representa un desafío para el sector ganadero porque se enfrenta a los costos elevados de los concentrados tradicionales que representan hasta el 75% de los costos variables en la industria (Achilonu et al., 2018). En este contexto, los rumiantes poseen la capacidad de transformar residuos vegetales, como los subproductos agroindustriales no comestibles para el ser humano, en productos proteicos de alta calidad, debido a su microbiota ruminal que les permite digerir altos niveles de carbohidratos solubles, pectinas y transformarlos en nutrientes aprovechables (Habeeb, 2023). De acuerdo con Wodajo et al., (2020) los rumiantes tienen un papel importante en la seguridad alimentaria.

Los bovinos son valorados como la fuente principal de proteína de alta calidad, a través de la provisión de carne y leche; los pequeños rumiantes, ovinos y caprinos, complementan esta producción debido a su resiliencia y la disponibilidad de proteína animal. La producción de caprinos se encuentra extendida en distintos espacios rurales e incluso urbanos, debido a su capacidad de adaptación y resiliencia (Teixeira et al., 2024). Por otro lado, de acuerdo con la FAOSTAT (2026), la producción mundial de cítricos superó los 165 millones de toneladas; los principales países productores de cítricos fueron China 48,158,694 t, Brasil 18,507,971 t, India 14,552,508 t, México 9,477,896 t, Egipto 5,857,700 t, España 5,727,280 t y USA 4,777,012 t. La producción de naranja contribuye con más de la mitad de la producción mundial. El estado de Tamaulipas cuenta con aproximadamente 46,000 hectáreas dedicadas al cultivo de cítricos: naranja, limón, mandarina y toronja. La producción anual de cítricos en el estado supera las 900,000 toneladas. En Ciudad Victoria, la producción cítrica es de aproximadamente 273,350 toneladas (SIAP, 2024).

Los residuos cítricos poseen sustancias fitoquímicas y bioactivas, como los flavonoides, polifenoles, carotenoides, fibra dietética, ácido ascórbico, azúcares, aceites esenciales y oligoelementos (Maqbool et al., 2023). Budiarto et al. (2024) mencionan que la cáscara de cítricos contiene compuestos fenólicos, flavonoides, vitaminas, minerales, fibra dietética, aceites esenciales, carotenoides y limonoides, con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antibacterianas y anticancerígenas. Mientras que la pulpa de cítricos (bagazo), es rica en carotenoides, vitamina C, macrominerales (calcio, magnesio, potasio, fósforo), y microminerales (hierro, zinc, manganeso y cobre). Además, conserva pectina, flavonoides y polifenoles como la hesperidina, naringina, nobiletina y quercetina (Saeed et al., 2023). En semillas inmaduras, de acuerdo con Costanzo et al. (2022), se han identificado un total de 34 derivados fenólicos, disminuyendo a 24 compuestos en su madurez.

De acuerdo con Sabbah-Allam & El-Elaime (2020) los residuos cítricos poseen nutrientes digestibles totales de 74%, y un valor de energía metabolizable (EM) de (2.67 Mcal/kg), el cual es comparable al de la cebada (2.70-2.80 Mcal/kg) y cercano al valor energético del maíz (3.0-3.2 Mcal/kg). Tayengwa & Mapiye (2018), mencionan que los subproductos de cítricos contienen valores de proteína cruda del 7% y extracto etéreo de 3.7%. Además, estos poseen un alto contenido de carbohidratos no fibrosos de 69.32% y azúcares totales de $24.5 \pm 3.9\%$, a diferencia de los granos, su energía no proviene del almidón, el cual es relativamente bajo $7.5 \pm 3.1\%$, esto disminuye el riesgo de acidosis ruminal al producir más ácido acético que láctico (Alnaimy et al., 2017). La cáscara es rica en pectina, con valores de 20.9% en base seca, es altamente fermentable y soluble, esto favorece la microbiota ruminal ayudando a prevenir la caída del pH y el riesgo de acidosis (El-Zaiat et al., 2022).

La industria agroalimentaria genera, por año, 120 millones de toneladas de subproductos agroindustriales (Mahato et al., 2020). Una quinta parte de la producción global de cítricos es sometida a procedimientos industriales: extracción de jugo (45% del peso total) descartando el resto (25% de cáscara, 26% de pulpa y un 2% de semillas), sumando los frutos que no cumplen el control de calidad (Fernández-Fernández et al., 2021; Russo et al., 2021), además, de la pérdida postcosecha (Xu et al., 2026). Estos subproductos cítricos pueden generar una crisis ecológica, debido al deficiente manejo de los residuos. La utilización de ellos en la alimentación animal puede disminuir los costos en la alimentación animal (Jalal et al., 2023). Los subproductos agroindustriales pueden ser promotores de la economía circular, al impulsar el desarrollo económico sustentable, generar mayor cantidad de alimentos a un menor costo (Saeed et al., 2023) y sin detrimento ambiental, como se menciona en la agenda 2030 (FAO, 2021).

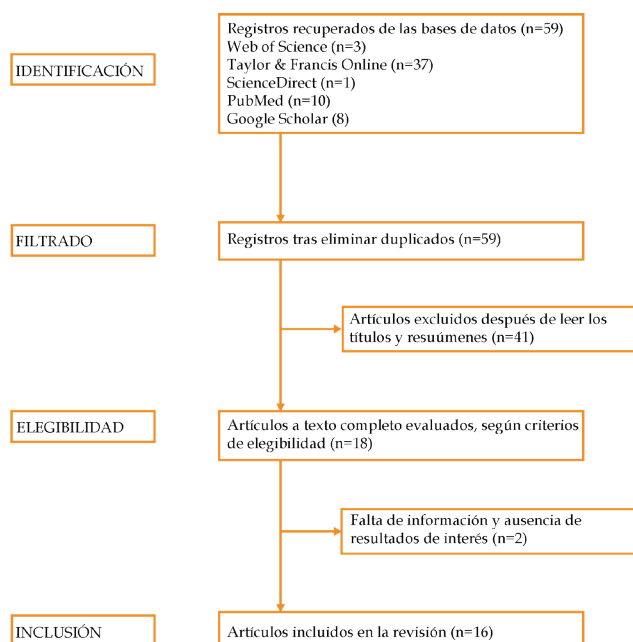
La alta oxidación puede llegar a degradar los compuestos bioactivos afectando la estabilidad (Tayengwa & Mapiye, 2018). La deshidratación y ensilaje son técnicas utilizadas como método de conservación de los alimentos en la producción animal (Bakr et al., 2025). La deshidratación es la técnica más usada de conservación, existen diferentes tipos: secado al sol, en horno y congelación (Fernández-Fernández et al., 2021). Mientras que el henolaje combina el marchitamiento del material con el proceso de ensilado, favoreciendo una fermentación más estable (Silva et al., 2019). Los residuos cítricos, mediante ensilaje y el uso de materiales absorbentes, como paja de arroz o pasto aseguran una densidad óptima de 303-324 kg/m³. Después de un periodo de 30-60 días, se obtiene un ensilaje que destaca por su agradable olor a fruta madura, característico de la fermentación láctica y un pH de 3.4-3.5 (Bakr, 2020; Cabrera-Núñez et al., 2020; Nargeszadeh et al., 2024). El objetivo de la presente revisión sistemática fue evaluar el impacto del uso de residuos cítricos en la alimentación animal, en sustitución de fuentes energéticas convencionales sobre el rendimiento productivo y la composición química de la leche en rumiantes.

DESARROLLO DEL TEMA

Materiales y Métodos

Pregunta de investigación y estrategia de búsqueda

La presente revisión sistemática busca responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto del uso de subproductos cítricos en la alimentación de cabras, y bovinos lecheros sobre la producción y composición de la leche, en comparación con dietas convencionales basadas en maíz o sorgo? Para estructurar la búsqueda se utilizó el marco PICO: P = cabras, y bovinos lecheros; I = subproductos cítricos (pulpa, ensilaje, cáscara y residuos de cítricos); C = dietas convencionales basadas en ensilaje de maíz, sorgo o dieta estándar; O = rendimiento lácteo, grasa, proteína, y lactosa. Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos originales siguiendo los criterios de PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021) en las bases de datos Web of Science, Taylor & Francis Online, ScienceDirect, PubMed y Google Scholar. La cadena de búsqueda combinó los siguientes términos mediante operadores booleanos: ("Goat" OR "Capra hircus" OR "Cattle" OR "Cow" OR "Small ruminants") AND ("Citrus by-products" OR "Citrus pulp" OR "Citrus silage" OR "Orange pulp" OR "Citrus waste" OR "Dried citrus") AND ("Corn silage" OR "Maize" OR "Sorghum" OR "Control diet") AND ("Milk yield" OR "Milk composition" OR "Milk fat" OR "Milk protein" OR "Lactose") NOT ("Review" OR "Meta-analysis"). Las referencias se gestionaron con Mendeley Desktop 1.19.8. El diagrama de flujo de la revisión se muestra en la Figura 1.



■ Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos

Criterios de inclusión y exclusión

Los artículos fueron incluidos si cumplían con los siguientes requisitos: 1) Estudios experimentales in vivo con diseño controlado (grupo tratamiento vs. grupo control). 2) Realizados en rumiantes lecheros: cabras (*Capra hircus*), o bovinos lecheros (*Bos taurus*) en período de lactación. 3) La intervención consistía en la inclusión de subproductos cítricos (pulpa fresca, deshidratada, ensilada, cáscara o residuos de naranja o limón) como reemplazo parcial o total de forraje o concentrado convencional. 4) El grupo control utilizaba una dieta convencional basada en ensilaje de maíz, sorgo, grano de maíz u otro forraje estándar sin subproductos cítricos. 5) Reportaban al menos una de las siguientes variables: rendimiento lácteo (kg/d), grasa (%), proteína (%), lactosa (%), o composición general de la leche. 6) Artículos publicados en revistas científicas. 7) Redactados en idioma inglés o español. Los artículos fueron excluidos si cumplían alguna de las siguientes condiciones: 1) Artículos de revisión bibliográfica o metaanálisis. 2) Estudios realizados en especies no rumiantes (aves, cerdos, conejos, etc.). 3) Estudios donde los cítricos se utilizaron como aditivo microscópico (aceites esenciales ó extractos) y no como reemplazo de forraje o concentrado. 4) Estudios que no reportaban datos cuantitativos de producción o composición de leche. 5) Estudios sin grupo control o sin aleatorización de los tratamientos.

Extracción de datos

Se desarrolló un formulario estandarizado de extracción de datos en Microsoft Excel® para registrar las siguientes variables de cada artículo incluido: 1) Datos de publicación: autor(es), país, año de publicación y revista. 2) Características de los animales: especie, raza, número de animales por grupo, estado fisiológico (lactación temprana, media o tardía) y duración del experimento (días). Descripción del tratamiento: tipo y forma del subproducto cítrico utilizado (pulpa fresca, deshidratada, ensilada), nivel de inclusión en la dieta (% de la materia seca), composición de la dieta control y duración del período experimental. Variables productivas: producción láctea (kg/día), contenido de grasa (%), proteína (%), y lactosa (%). Todas las variables fueron estandarizadas

a las mismas unidades de medida antes del análisis: la producción láctea se expresó en kg/d y los componentes de la leche en porcentaje (%). Cuando los estudios reportaban los datos en unidades diferentes (g/d, L/d), se realizó la conversión correspondiente utilizando el peso vivo o la densidad de la leche reportada en cada estudio. La extracción de datos fue realizada por dos autores de forma independiente, y las discrepancias fueron resueltas por consenso. En caso de datos faltantes el estudio fue excluido del análisis de esa variable específica. Los datos descriptivos fueron organizados y analizados en Microsoft Excel® versión (Microsoft 365, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Para cada especie animal y variable evaluada se calculó la media aritmética y la desviación estándar, considerando el número de observaciones reportadas en cada estudio.

Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada verificando los siguientes criterios: (1) asignación aleatoria de los animales a los tratamientos, (2) descripción de la dieta experimental y del grupo control, (3) reporte del número de animales y réplicas por tratamiento, (4) inclusión de un período de adaptación, (5) duración del período experimental igual o mayor a 21 días, y (6) reporte de medidas de variabilidad (desviación estándar o error estándar). Los estudios que no cumplían con al menos cuatro de estos criterios fueron excluidos del análisis.

Resultados y Discusión

Resultados de búsqueda y características de los estudios

Se identificaron un total de 59 artículos recuperados de las bases de datos; tres fueron obtenidos de Web of Science, treinta y siete de Taylor & Francis Online, uno de ScienceDirect, diez de PubMed y ocho de Google Scholar. No se encontraron duplicados. Después del cribado, donde se revisó que el título y el resumen fueran consistentes con la metodología, se excluyeron 43 artículos siguiendo los criterios de exclusión. Ocho artículos cumplieron los criterios de inclusión para bovinos y ocho para caprinos, dando un total de 16 artículos seleccionados que fueron utilizados para los análisis descriptivos (Figura 1).

Residuos citrícolas en el consumo animal

Habeb (2023) reportó que el contenido de EM fue de 2,900 kcal/kg en residuos citrícolas, equivalente al 80% y 90% del valor energético del grano de maíz. Estos poseen alta palatabilidad por los azúcares solubles, los carbohidratos y el extracto libre de nitrógeno (ELN) que actúan como estimulantes del apetito (Cabrera-Núñez et al., 2020). La melaza de cítricos tiene un sabor ligeramente amargo, sin embargo, los bovinos consumieron hasta tres kg/d (Alnaimy et al., 2017). El efecto de la inclusión de residuos citrícolas, sobre el consumo de materia seca (CMS) en rumiantes, muestra una variabilidad en la literatura. Esto sugiere que la respuesta animal depende de la especie, tipo de residuo y su procesamiento. En becerros de engorda Friesian x Baladi, Bakr et al. (2025) reportaron que la sustitución del 50% de ensilado de maíz por ensilado de pulpa de naranja no alteró el CMS (9.16 vs. 9.15 kg/d); sin embargo, se observó una mejora en la eficiencia biológica con una mayor ganancia diaria de peso (GDP) (1.0 vs. 0.94 kg/d). En contraste, se han documentado discrepancias respecto a la palatabilidad y el llenado ruminal. Archana et al. (2024) observaron en cabras Berari una disminución significativa del CMS (182 g/d menos que el control) cuando incluyeron ensilado de cáscara de naranja. No obstante, este menor consumo no comprometió el peso corporal, los autores lo atribuyen a una optimización en la digestibilidad y el aprovechamiento de nutrientes. Esta hipótesis se ve reforzada por los hallazgos de Sabbah-Allam & El-Elaime (2020) en cabras Zaraibi, donde la inclusión de pulpa de cítricos seca incrementó los Nutrientes Digestibles Totales (NDT) de 63.49% a 66.63%, confirmando una mayor densidad energética en la dieta experimental.

La respuesta en pequeños rumiantes puede ser opuesta bajo diferentes condiciones de manejo. Mahrous et al. (2019) reportaron en corderos Barki que la sustitución con un 40% de ensilado de residuos de naranja no solo fue palatable, sino que estimuló un mayor consumo (85 g/d adicionales), esto se tradujo en un incremento de 4.5 kg en la ganancia total de peso. Estas variaciones sugieren que, si bien el residuo cítrico puede influir de manera diversa en el comportamiento ingestivo, existe un consenso sobre su capacidad para mejorar la eficiencia alimenticia y el desempeño productivo final.

Residuos cítricos en la producción láctea de bovinos

Diversos estudios realizados en Irán, Brasil, USA, Colombia y Grecia, evaluaron la sustitución de forma parcial del maíz (en grano o molido) por subproductos cítricos (principalmente pulpa seca y pellets), en la dieta de vacas lactantes de la raza Holstein y Gyr (Tabla 1).

■ Tabla 1. Efecto de la sustitución de maíz por residuos cítricos sobre la producción y composición de la leche en hembras bovinas lactantes

Autor	País	Raza	N	Control	Tratamiento	Inclusión (%MS)	Variables
Silva et al. (2022)	Brasil	Holstein (596 ± 79)	20	Gluten de maíz	Pellets de cítricos (Ensilado maíz, mazorca, gluten, soya, algodón, minerales).	10.7	PL↑, G=, P=, L=
Carmo et al. (2015)	Brasil	Holstein (602 ± 32)	28	Maíz molido	Pulpa de cítricos seca (Ensilado maíz, maíz molido, soya, algodón, minerales)	7	PL↑, G=, P=, L=
Hall et al. (2010)	EUA	Holstein (614 ± 56)	38	Maíz molido	Pulpa de cítricos seca (Cascarilla/semilla algodón, soya, maíz, melaza)	20.4	PL=, G↑, P=
Erfani et al. (2024)	Irán	Holstein (665 ± 77)	12	Maíz molido	Pulpa de cítricos (Ensilado cebada, alfalfa, trigo, maíz, soya, grasa.)	12.3	PL↑, G=, P=, L=
Leiva et al. (2016)	Brasil	Gir x Holstein (574 ± 11)	26	Maíz molido	Pulpa de cítricos (Ensilado maíz, maíz molido, soya, minerales)	10.9	PL=, G=, P↓
Villegas-Henao et al. (2024)	Colombia	Holstein (553 ± 35)	16	Maíz	Pulpa de cítricos seca (Pasto kikuyo, maíz, salvado trigo, sorgo, arroz)	8.77	PL=, G=, P=, L=
Belibasakis & Tsirgogianni, (1996)	Grecia	Holstein (600)	20	Maíz molido	Pulpa de cítricos secas (Ensilado maíz, maíz molido, soya, salvado trigo)	20	PL=, G↑, P=, L=
Ananias et al. (2025)	Brasil	Gir x Holstein (608 ± 145)	15	Paja de maíz	Pulpa de cítricos seca (Heno, ensilado maíz, maíz molido, soya, algodón)	2	PL=, G=, P=, L=

PL: Producción láctea kg/d, G: Grasa en leche %, P: Proteína %, L: lactosa %, N: Número de animales usados en el estudio. MS: Materia seca, ↑↓: Los tratamientos mostraron efecto positivo o negativo en comparación con el grupo control ($p < 0,05$), =: no se detectaron diferencias entre los tratamientos ($p > 0,05$).

Los resultados muestran que su inclusión funciona como una estrategia nutricional. Con relación a la producción de leche (Tabla 2) se observó que el grupo control fue superado en un 2% al incluir los residuos cítricos (DE: 29.25 ± 7.28 kg/d vs. DC: 28.66 ± 6.68 kg/d). La tendencia positiva también se observó en el contenido graso de la leche al presentar un 3.5% más que el grupo control (DE: $3.83 \pm 0.58\%$ vs. DC: $3.70 \pm 0.52\%$). En contraste, el contenido de proteína fue superado por el grupo control en un 2.3% (DE: $3.06 \pm 0.23\%$ vs. DC: $3.13 \pm 0.25\%$), los valores de lactosa no mostraron cambios (DE: $4.61 \pm 0.26\%$ vs. DC: $4.62 \pm 0.25\%$). Por lo anterior, los hallazgos sugieren que niveles de inclusión de hasta el 20.4% de MS no comprometen el rendimiento productivo, ni la calidad de los atributos de la leche (grasa, lactosa y la proteína). Existe una tendencia favorable en la producción láctea (PL), reportada como sin cambios o incrementada en la mayoría de los estudios analizados (Carmo et al., 2015; Erfani et al., 2024; Silva et al., 2022). No obstante, la variabilidad observada en casos específicos como la reducción de proteína en niveles de inclusión moderados (Leiva, 2016), sugiere que la respuesta puede estar condicionada por el equilibrio de la ración total y el tipo de procesamiento del residuo. El contenido de grasa observó una tendencia de incremento (Belibasakis & Tsirgogianni, 1996; Hall et al., 2020) o sin cambios y la lactosa mostró una alta estabilidad, estos estudios muestran que el metabolismo mamario se adaptó eficientemente a estas fuentes de energía alternativas.

■ Tabla 2. Efecto de la sustitución de maíz por residuos cítricos sobre la producción y composición de la leche en hembras bovinas lactantes

Autores	Producción (kg/d)		Grasa (%)		Proteína (%)		Lactosa (%)	
	DC	DE	DC	DE	DC	DE	DC	DE
Silva et al. (2022)	29.40	30.70	3.33	3.40	3.11	3.15	4.52	4.55
Carmo et al. (2015)	29.60	31.10	3.46	3.44	3.08	3.06	4.51	4.48
Hall et al. (2010)	39.10	38.60	3.36	3.67	2.76	2.64	SD	SD
Erfani et al. (2024)	35.70	38.00	3.30	3.23	2.98	3.01	4.32	4.27
Leiva et al. (2016)	22.70	21.30	4.25	4.37	3.54	3.14	SD	SD
Villegas-Henao et al. (2024)	18.70	19.20	3.21	3.39	2.96	2.86	4.75	4.75
Belibasakis & Tsirgogianni (1996)	23.10	23.60	4.12	4.48	3.22	3.25	5.05	5.03
Ananias et al. (2025)	30.99	31.50	4.54	4.69	3.42	3.39	4.54	4.55
Promedio	28.66	29.25	3.70	3.83	3.13	3.06	4.62	4.61
Desviación estándar	6.88	7.28	0.52	0.58	0.25	0.23	0.25	0.26

DC: Dieta control con maíz, DE: Dieta experimental con inclusión de residuos cítricos, SD: Sin datos.

La literatura sugiere una respuesta lineal positiva ante la inclusión de subproductos cítricos en niveles moderados. Sin embargo, existen investigaciones como el de Hall et al. (2010) que demuestran que niveles de sustitución superiores al 20% de la MS no provocan un incremento adicional de la producción láctea (38.6 vs. 39.1 kg/d). Esta ausencia de significancia estadística, incluso con una alta densidad energética en la dieta, puede atribuirse a la interacción asociativa de los ingredientes. La dieta base en este estudio incluyó fuentes de carbohidratos de fermentación rápida como melaza y sacarosa, además de cascarilla de algodón como fuente de fibra. Es posible que la alta tasa de degradación de las pectinas de la pulpa cítrica, sumada a los azúcares presentes, haya alcanzado un punto de saturación en la capacidad de síntesis de proteína microbiana o una tasa de pasaje más acelerada, limitando el beneficio marginal de la sustitución. Este estudio confirma que, aunque no exista un incremento productivo, la pulpa cítrica es capaz de mantener altos niveles en la PL

(cerca de los 40 kg/d), posicionándose como un sustituto seguro del maíz que no compromete la estabilidad ruminal ni el rendimiento de vacas de alta producción, siempre que se mantenga un equilibrio adecuado con fuentes de fibra efectiva.

Residuos cítricos en la producción láctea de caprinos

Estudios realizados en Egipto, España y México, sustituyeron parcialmente las fuentes energéticas tradicionales (maíz molido y paja de trigo) por subproductos cítricos (pulpa de naranja seca, ensilado de naranja, pulpa de limón y cáscara) en la dieta de cabras lactantes de la raza Barki, Payoya, Zaribi, Murciano-Granadina y Boer-Saanen (Tabla 3).

■ Tabla 3. Efecto de la sustitución de maíz por residuos cítricos sobre la producción y composición de la leche en cabras lactantes.

Autor	País	Raza	N	Control	Tratamiento	Inclusión (% MS)	Variables
El-Zaiat et al. (2022)	Egipto	Barki (46.3 ± 1.6)	40	Paja de trigo	Ensilado de naranja (Paja trigo, maíz, semilla algodón, linaza)	40	PL↑, G=, P=, L=
Guzmán et al. (2021)	España	Payoya (42.2 ± 0.61)	44	Maíz molido	Pulpa de naranja seca (alfalfa, avena, maíz, cebada, soya)	40	PL=, G=, P=, L=
Sayed et al. (2021)	Egipto	Zaribi (34.1 ± 3.75)	24	Maíz molido	Pulpa de limón (Heno trébol, algodón, maíz, salvado, melaza)	25	PL↑, G↓, P=, L=
Guzmán et al. (2020)	España	Payoya (38.9 ± 0.65)	44	Maíz molido	Pulpa de naranja seca (Alfalfa, avena, maíz, cebada, soya)	40	PL=, G=, P=, L=
Marcos et al. (2020)	España	Murciano-Granadina (51.5 ± 1.8)	12	Maíz molido	Pulpa de cítricos seca (Alfalfa, maíz, cebada, trigo, soya)	9	PL↑, G↑, P↑, L=
Sabbah-Allam & El-Elaime (2020)	Egipto	Zaraibi (45)	15	Maíz molido	Pulpa de cítricos seca (Heno alfalfa, maíz, algodón, soya.)	7.5	PL↑, G=, P=, L=
Ibáñez et al. (2016)	España	Murciano-Granadina (42.1 ± 1.2)	12	Maíz	Pulpa de naranja (fresca) (Alfalfa, soya, cebada, cascarilla soya)	59.4	PL=, G=, P=, L=
Hernández-Meléndez et al. (2015)	México	Boer-Saanen (39.2 ± 2.3)	24	Maíz molido	Cáscara de naranja seca (C. ciliaris, pasta soya, sorgo, melaza)	30	PL↑, G↑, P=, L=

PL: Producción láctea kg/d, G: Grasa en leche %, P: Proteína %, L: lactosa %, N: Número de animales usados en el estudio. MS: Materia seca, ↑↓: Los tratamientos mostraron efecto positivo o negativo en comparación con el grupo control ($p < 0,05$), =: no se detectaron diferencias entre los tratamientos ($p > 0,05$).

En la producción láctea de los estudios analizados, el grupo alimentado con residuos cítricos (Tabla 4) superó al grupo control en un 4% (Ejemplo: DE: 1.48 ± 0.48 kg/d vs. DC: 1.42 ± 0.56 kg/d). La misma tendencia se observó en el contenido graso de la leche, con un incremento aproximado del

5% respecto al control, especialmente en dietas con pulpa seca. La lactosa mostró una estabilidad, con variaciones mínimas entre los grupos experimentales y el control, manteniendo la calidad bromatológica del producto. En contraste, el contenido de proteína fue superado por el grupo control en un 2%. En consecuencia, los hallazgos mostraron que niveles de inclusión sustancialmente altos, de hasta 59.4% de la MS (Ibáñez et al., 2016), no comprometieron significativamente la producción láctea ni sus atributos fisicoquímicos ($p > 0.05$), no obstante, se observó una ligera disminución en la producción de leche (DE: 2.010 kg/d vs. DC: 2.290 kg/d). Sin embargo, niveles de inclusión de 25-40% de la MS, mostraron una tendencia favorable en la PL, en la mayoría de los estudios analizados (El-Zaiat et al., 2022; Hernández-Meléndez et al., 2015; Marcos et al., 2020; Sayed et al., 2021; Sabbah-Allam et al., 2020). La variabilidad observada en parámetros específicos, como la reducción de grasa detectada al utilizar pulpa de limón (Sayed et al., 2021), sugiere que la respuesta puede estar condicionada por el tipo de cítrico y el equilibrio de la dieta. En general, la grasa mostró una tendencia al incremento en estudios con cáscara y pulpa seca (Hernández-Meléndez et al., 2015; Marcos et al., 2020) o se mantuvo sin cambios, mientras que la lactosa y

■ Tabla 4. Efecto de la sustitución de maíz por residuos cítricos sobre la producción y composición de la leche en cabras lactantes.

Autores	Producción (kg/d)		Grasa (%)		Proteína (%)		Lactosa (%)	
	DC	DE	DC	DE	DC	DE	DC	DE
El-Zaiat et al. (2022)	0.586	0.699	3.46	3.45	3.57	3.53	3.73	3.74
Guzmán et al. (2021)	1.340	1.280	3.85	4.00	3.20	3.30	4.43	4.39
Sayed et al. (2021)	1.377	1.558	3.35	3.15	2.45	2.77	3.94	3.44
Guzmán et al. (2020)	1.620	1.670	3.78	3.53	2.94	2.94	4.64	4.64
Marcos et al. (2020)	1.967	2.123	4.58	4.78	3.18	3.29	5.21	5.29
Sabbah-Allam & El-Elaime (2020)	1.420	1.520	3.40	3.50	3.41	3.56	4.50	4.60
Ibáñez et al. (2016)	2.290	2.010	5.40	6.30	4.00	3.70	4.60	4.70
Hernández-Meléndez et al. (2015)	0.784	0.997	3.97	4.54	4.06	4.14	4.91	4.74
Promedio	1.423	1.482	4.00	4.20	3.40	3.40	4.50	4.40
Desviación estándar	0.56	0.48	0.70	1.00	0.50	0.40	0.50	0.60

DC: Dieta control con maíz, DE: Dieta experimental con inclusión de residuos cítricos

la proteína se mostraron estables, los resultados mostraron que el metabolismo mamario de los caprinos se adaptó con eficiencia a estas fuentes de energía.

Comparación entre especies

Al contrastar los resultados entre especies, se observa una diferencia entre la capacidad de inclusión y la respuesta productiva. En bovinos la sustitución de maíz por residuos cítricos se mantiene en niveles discretos (inferiores al 21% de la MS) para evitar alteraciones en la fermentación ruminal, mientras que en caprinos se reportaron niveles de inclusión de hasta el 59.4% (Ibáñez et al., 2016) sin comprometer la calidad de la leche. Esta mayor tolerancia en cabras podría estar relacionada con su comportamiento alimenticio y fisiología digestiva, que les permite aprovechar subproductos con altos contenidos de carbohidratos solubles y pectinas. En los caprinos, la respuesta positiva en la producción láctea fue más frecuente (62.5%) en comparación con los bovinos (37.5%). La evidencia sugiere que los residuos cítricos representan una alternativa económica para pequeños rumiantes y podrían tener un potencial como promotores del rendimiento lácteo bajo condiciones de pastoreo o dietas basadas en forrajes de baja calidad.

En contraste con los bovinos, donde la inclusión de residuos cítricos es < 21% de MS, los resultados reportados en cabras sugieren una mayor capacidad de tolerancia digestiva, con inclusiones cerca del 60% de la MS (Ibáñez et al., 2016). No obstante, su mejor rendimiento productivo se observó con inclusiones del 25-40% de la MS (El-Zaiat et al., 2022; Sayed et al., 2021). Estos hallazgos podrían estar relacionados con el comportamiento alimenticio de las cabras, clasificadas frecuentemente como seleccionadoras de concentrados o rumiantes intermedios, esto les podría permitir tolerar mejor las dietas con altos contenidos de pectinas de rápida fermentación y favorecer una utilización más estable de los carbohidratos solubles. Sin embargo, en bovinos de alta producción, niveles similares podrían inducir a acidosis ruminal o depresión de la grasa láctea. Desde una perspectiva de economía circular los hallazgos sugieren que, en regiones con alta disponibilidad de residuos cítricos, los sistemas caprinos podrían operar con menor dependencia de granos tradicionales (como el maíz), transformando un residuo industrial, en un recurso de densidad energética, con posibles beneficios productivos.

CONCLUSIONES

La inclusión de residuos cítricos en la dieta de rumiantes parece estar condicionada por la especie. En bovinos, niveles moderados ($\leq 21\%$ MS) permiten mantener la estabilidad ruminal sin comprometer la producción. En caprinos, aunque se han reportado tolerancias altas, los mejores resultados productivos se observan con inclusiones de 25-40% MS. Esto permite reclasificar estos subproductos como una alternativa económica alineada con la economía circular, con potencial para favorecer la productividad en sistemas caprinos bajo condiciones nutricionales restrictivas.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de igual manera en la concepción o diseño del trabajo, redacción, revisión crítica y final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Achilonu, M., Shale, K., Arthur, G., Naidoo, K., & Mbatha, M. (2018). Phytochemical benefits of agroresidues as alternative nutritive dietary resource for pig and poultry farming. *Journal of Chemistry*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1035071>
- Alnaimy, A., Gad, A., Mustafa, M., Atta, M., & Basuony, H. (2017). Using of citrus by-products in farm animals feeding. *Open Access Journal of Science*, 1(3), 58-67. <https://doi.org/10.15406/oajs.2017.01.00014>
- Ananias, J. V., De Matos, A., Pinto, F., Ribeiro, V., Goncalves, C., & De Paula, A. (2025). Effects of total dietary silage with corn and citric acid byproducts on lactating cow intake, digestibility, blood parameters, ingestive behaviour, and performance. *Journal of Applied Animal Research*, 53(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/09712119.2025.2467125>
- Archana, N., Panchbhai, G. J., Badukale, D. M., Deshpande, K. Y., & Kuralkar, P. S. (2024). Effect of replacement of corn silage with orange peel silage on feed intake, body weight Change, and body condition score in Berari goat during peripartum period. *Journal of Animal Research*, 14(02), 153-159. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.02.2024.8>
- Bakr, M. (2020). Citrus pulp as an innovative feed ingredient in ruminant nutrition. a review. *Egyptian Journal of Animal Production*, 57(1), 73-80. <https://doi.org/10.21608/ejap.2020.98258>

- Bakr, M., Rabie, A. M., & Ghoneem, W. (2025). Impact of substituting corn silage by orange pulp silage on the productive performance and economic efficiency of Baladi crossbred calves. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 56(1), 139-148. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.260528.1774>
- Belibasakis, N. G., & Tsirgogianni, D. (1996). Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 60(1-2), 87-92. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00927-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00927-2)
- Budiarto, K., Andriani, A., Budiayati, E., Mariana, B., Martasari, C., Masudah, S., Yulia, N., Ikarini, I., & Yulianti, F. (2024). Bioactive phytochemical contents on fruit peel of several citrus species. *BIO Web Conferences*, 01016, 1-8.
- Cabrera-núñez, A., I Lammoglia-villagómez, M., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., & Montero-solís, F. (2020). Utilización de subproductos de naranja (*Citrus sinensis* var. valencia) en la alimentación para rumiantes. *Abanico Veterinario*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.6>
- Carmo, C. A., Batistel, F., de Souza, J., Martinez, J. C., Correa, P., Pedroso, A. M., & Santos, F. A. P. (2015). Starch levels on performance, milk composition and energy balance of lactating dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 47(1), 179-184. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0704-4>
- Costanzo, G., Vitale, E., Iesce, M. R., Naviglio, D., Amoresano, A., Fontanarosa, C., Spinelli, M., Ciaravolo, M., & Arena, C. (2022). Antioxidant properties of pulp, peel and seeds of phlegrean mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) at different stages of fruit ripening. *Antioxidants*, 11, 187. <https://doi.org/10.3390/antiox11020187>
- El-Zaiat, H. M., El-Wakeel, E. S. A., Saber, A. M., Khattab, A. R., & Sallam, S. M. (2022). Influence of replacement levels of orange waste silage on intake, nutrient digestion, ruminal fermentation and milk yield in Barki goats. *Annals of Animal Science*, 22(1), 283-303. <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0028>
- Erfani, H., Ghorbani, G. R., Hashemizadeh, F., Ghasemi, E., Khademi, A. R., Naderi, N., & Drackley, J. K. (2024). Effects of complete substitution of dietary grain and protein sources with by-products on the production performance of mid-lactation dairy cows fed diets based on barley silage under heat-stress conditions. *Journal of Dairy Science*, 107(4), 1993-2010. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23179>
- FAO. (2021). *Ciudades y comunidades sostenibles*. United Nations Department of Economic and Social Affairs (pp. 48-49). <https://doi.org/10.18356/9789210056106c015>
- FAOSTAT. (2026). Cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fernández-Fernández, A., Dellacassa, E., Nardin, T., Larcher, R., Gámbaro, A., Medrano-fernandez, A., & Dolores del Castillo, M. (2021). *In Vitro* bioaccessibility of bioactive compounds from citrus. *Molecules*, 1-18.
- Guzmán, J. L., Martín-García, I., Pérez-Écija, A., García-Brenes, M. D., Zarazaga, L. Á., & Manuel Delgado-Pertíñez. (2021). Supplementing the diet of dairy goats with dried orange pulp. *Animals*. <https://doi.org/10.3390/ani11092601>
- Guzmán, J. L., Perez-Ecija, A., Zarazaga, L. A., Martín-García, A. I., Horcada, A., & Delgado-Pertíñez, M. (2020). Using dried orange pulp in the diet of dairy goats: effects on milk yield and composition and blood parameters of dams and growth performance and carcass quality of kids. *Animal*, 14(10), 2212-2220. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000932>
- Habeeb, A. A. M. (2023). Importance of utilization of *Citrus* by-product waste in ruminant animal nutrition. *Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences*, 3(4), 1-9. <https://doi.org/10.5281/>

zenodo.8195354

- Hall, M. B., Larson, C. C., & Wilcox, C. J. (2010). Carbohydrate source and protein degradability alter lactation, ruminal, and blood measures. *Journal of Dairy Science*, 93(1), 311-322. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2552>
- Hernández-Meléndez, J., González-Reyna, A., Rojo, R., Sánchez-Dávila, F., Salvador, A., & Vázquez-Armijo, J. F. (2015). Producción y composición de la leche de cabras alimentadas con diferentes inclusiones de cáscara de naranja deshidratada. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84949552154&partnerID=MN8TOARS>
- Ibáñez, C., Criscioni, P., Arriaga, H., Merino, P., Espinós, F. J., & Fernández, C. (2016). Murciano-granadina goat performance and methane emission after replacing barley grain with fibrous by-products. *PLoS ONE*, 11(3), 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151215>
- Jalal, H., Giammarco, M., Lanzoni, L., Akram, M. Z., Mammi, L. M. E., Vignola, G., Chincarini, M., Formigoni, A., & Fusaro, I. (2023). Potential of fruits and vegetable by-products as an alternative feed source for sustainable ruminant nutrition and production: A Review. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture13020286>
- Leiva, T., Cooke, R. F., Brandão, A. P., Pardelli, U., Rodrigues, R. O., Corrá, F. N., & Vasconcelos, J. L. M. (2016). Effects of concentrate type and chromium propionate on insulin sensitivity, productive and reproductive parameters of lactating dairy cows consuming excessive energy. *Animal*, 11(3), 436-444. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001713>
- Mahato, N., Sharma, K., Sinha, M., Raj, E., Koteswararao, R., Dhyani, A., Hwan, M., & Cho, S. (2020). Bio-sorbents , industrially important chemicals and novel materials from citrus processing waste as a sustainable and renewable bioresource : A review. *Journal of Advanced Research*, 23, 61-82. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.01.007>
- Mahrous, A., Karkoutli, A., El-Tahan, A., Hafez, Y., Abu El-Alla, A., & Moussa, S. (2019). Replacing corn silage by orange waste silage in lactating Damascus goats ration. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 22(2), 95-102. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2019.103435>
- Maqbool, Z., Khalid, W., Atiq, H. T., Koraqi, H., Javaid, Z., Alhag, S. K., Al-Shuraym, L. A., Bader, D. M. D., Almarzuq, M., Afifi, M., & AL-Farga, A. (2023). Citrus waste as source of bioactive compounds: extraction and utilization in health and food industry. *Molecules*, 28(4). <https://doi.org/10.3390/molecules28041636>
- Marcos, C. N., Carro, M. D., Fernández Yepes, J. E., Haro, A., Romero-Huelva, M., & Molina-Alcaide, E. (2020). Effects of agroindustrial by-product supplementation on dairy goat milk characteristics, nutrient utilization, ruminal fermentation, and methane production. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1472-1483. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17386>
- Nargeszadeh, V., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H., & Rezaei, J. (2024). Effects of an ensiled mixture based on orange pulp on the intake and performance of fattening male lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 309, 115897. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115897>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, 71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Russo, C., Maugeri, A., Lombardo, G. E., Musumeci, L., Barreca, D., Rapisarda, A., Cirmi, S., & Navarra, M. (2021). The second life of citrus fruit waste: valuable source of bioactive compounds. *Molecules*, 26(19), 1-20. <https://doi.org/10.3390/molecules26195991>
- Sabbah-Allam, & El-Elaime, R. (2020). Performance of goats fed dried orange and citrus pulps as energy source. 1– impact of feeding dried orange or citrus pulps on milk production and composition. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 23(3), 349–358. <https://doi.org/>

10.21608/ejnf.2020.148116

- Saeed, M., Kamboh, A. A., & Huayou, C. (2023). Promising future of citrus waste into fermented high-quality bio-feed in the poultry nutrition and safe environment. *Poultry Science*, 103(4), 103549. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103549>
- Sayed, H. A. E., El-Maghraby, M. M., & Elbadawy, M. M. (2021). Effect of processed lemon pulp with *Saccharomyces cerevisiae* in Zaribi goats diet on milk production, nutrients digestibility, blood parameters, and reproductive performance. *World's Veterinary Journal*, 11(3), 422-430. <https://doi.org/10.54203/scil.2021.wvj54>
- SIAP, (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Silva, A. L., Santos, B. R. C., Perazzo, A. F., Cesar Neto, J. M., Santos, F. N. S., Pereira, D. M., & Santos, E. M. (2019). Haylage: a forage conservation alternative. *Nucleus Animalium*, 11(1), 37-44. <https://doi.org/10.3738/21751463.3560>
- Silva, W. R., Carvalho, F. R., Silva, R. B., Pereira, R. A. N., Ávila, C. L. S., DeVries, T. J., & Pereira, M. N. (2022). Fibrous coproducts of corn and citrus as forage and concentrate sources for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(10), 8099-8114. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21918>
- Tayengwa, T., & Mapiye, C. (2018). Citrus and winery wastes: Promising dietary supplements for sustainable ruminant animal nutrition, health, production, and meat quality. *Sustainability*, 10(10), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su10103718>
- Teixeira, I. A. M. A., Härter, C. J., Vargas, J. A. C., Souza, A. P., & Fernandes, M. H. M. R. (2024). Review: Update of nutritional requirements of goats for growth and pregnancy in hot environments. *Animal*, 18, 101219. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101219>
- Villegas-Henao, G. A., Posada-Ochoa, S. L., & Rosero-Noguera, R. (2024). Efecto de la fuente de carbohidratos sobre el balance energético-nitrogenado y las emisiones de metano de vacas lecheras lactantes. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 35(2), e24796. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i2.24796>
- Wodajo, H. D., Gameda, B. A., Kinati, W., Mulem, A. A., van Eerdewijk, A., & Wieland, B. (2020). Contribution of small ruminants to food security for Ethiopian smallholder farmers. *Small Ruminant Research*, 184(February 2019), 106064. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106064>
- Xu, S., Dai, X., Zhao, W., Yang, X., & Tang, R. (2026). Systematic comparison of the effects of different treatments on the shelf-life storage of citrus fruits and screening of preservation measures: A frequency network meta-analysis. *Food Chemistry: X*, 34, 103583. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2026.103583>



Infecciones parasitarias en las etapas tempranas de producción de peces: una revisión

Parasitic infections during early fish production stages: a review

Ricardo Alejandro Pérez-Lizama¹, Jesús Genaro Sánchez-Martínez^{1*}, Roberto Pérez-Castañeda¹, María de la Luz Vázquez-Sauceda¹, Zeferino Blanco-Martínez¹, Flaviano Benavides-González¹, Pablo González-Alanis¹, Jaime Luis Rábago-Castro²

RESUMEN

Las infecciones parasitarias representan una limitante sanitaria clave en la producción acuícola intensiva, especialmente en etapas tempranas del ciclo de vida de los peces. La alta densidad, el estrés ambiental y la inmadurez inmunológica aumentan la susceptibilidad a protozoarios y helmintos con ciclos directos o indirectos. Esta revisión analiza los principales grupos de parásitos presentes en *hatcheries* (criaderos de peces) y sistemas de cría: ciliados, dinoflagelados, monogéneos, mixosporidios, tremátodos digéneos y céstodos. Se examinan su prevalencia, estacionalidad, transmisión y efectos patológicos en alevines, crías y reproductores. Los sistemas cerrados reducen el riesgo de parásitos heteroxenos, mientras que los estanques rústicos favorecen su transmisión por hospederos intermediarios. La interacción entre ambiente y densidad determina la expresión clínica y el impacto productivo. El monitoreo epidemiológico y el conocimiento de los ciclos biológicos son esenciales para estrategias preventivas eficaces.

Palabras clave: acuicultura, alevines, helmintos, protozoarios

ABSTRACT

Parasitic infections represent a major health constraint in intensive aquaculture production, particularly during the early stages of the fish life cycle. High stocking densities, environmental stress, and immunological immaturity increase susceptibility to protozoan and helminth parasites with either direct or indirect life cycles. This review examines the main groups of parasites found in hatcheries and fish-rearing systems, including ciliates, dinoflagellates, monogeneans, myxosporeans, trematodes, and cestodes. Their prevalence, seasonality, transmission dynamics, and pathological effects on larvae, juveniles, and broodstock are discussed. Closed production systems reduce the risk of heteroxenous parasites, whereas earthen ponds favor their transmission through intermediate hosts. The interaction between environmental conditions and stocking density determines the clinical expression of disease and its impact on production. Epidemiological monitoring and a thorough understanding of parasite life cycles are essential for the development of effective preventive strategies.

Keywords: aquaculture, alevins, helminths, protozoa

*Autor para correspondencia: jgsanchez@docentes.uat.edu.mx

Fecha de recepción: 20 de marzo de 2026

Fecha de aceptación: 6 de julio de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha consolidado como uno de los sectores productivos de mayor crecimiento en el ámbito alimentario global. Tras la estabilización de las capturas pesqueras hacia finales del siglo XX, el incremento sostenido de la demanda de proteína acuática ha sido compensado principalmente por la expansión de la producción acuícola (Boyd, 2013; Cai & Zhou, 2019; FAO, 2020). De acuerdo con la FAO (2020), la acuicultura representó aproximadamente el 46% del total de productos pesqueros destinados al consumo humano en 2018, tendencia que continúa en ascenso. Este crecimiento, sin embargo, ha ido acompañado de desafíos sanitarios relevantes, entre los cuales destacan las enfermedades parasitarias.

Al igual que ocurre con otras patologías infecciosas, los peces cultivados son susceptibles a infecciones causadas por virus, bacterias, hongos y parásitos (Tabla 1), pero a diferencia de los organismos homeotermos, su fisiología está fuertemente modulada por la calidad del agua particularmente la temperatura (Noga, 2010; Post, 1987). La naturaleza poiquilotérmica de los peces implica que pequeñas variaciones térmicas pueden alterar tanto la dinámica del parásito como la respuesta inmune del hospedero. Además, parámetros como el pH, la concentración de amonio, la salinidad y la densidad de cultivo influyen significativamente en la presentación clínica de las infecciones (Alam et al., 2012; Snieszko, 1974).

■ Tabla 1. Principales grupos parasitarios en crías de peces

Grupo parasitario	Géneros/especies	Localización	Efectos patológicos	Relevancia epidemiológica
Protozoarios ciliados	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> ; <i>Trichodina</i> spp.	Piel y branquias	Hiperplasia epitelial, necrosis branquial	Brotes asociados a temperatura y calidad de agua (Bruno et al., 2006; Noga, 2010)
Protozoarios flagelados	<i>Ichthyobodo necator</i>	Piel y branquias	Lesiones epidérmicas, alteración osmótica	Alta transmisión horizontal (Isaksen et al., 2010)
Dinoflagelados	<i>Piscinoodinium pillulare</i> ; <i>Amyloodinium ocellatum</i>	Branquias	Necrosis y fusión lamelar	Brotes explosivos en sistemas abiertos (Woo & Ardelli, 2014)
Monogéneos	<i>Dactylogyrus</i> spp.; <i>Gyrodactylus</i> spp.	Branquias y piel	Hiperplasia lamelar, hemorragias	Alta especificidad hospedera (Cable et al., 2002)
Mixosporidios	<i>Myxobolus</i> spp.; <i>Henneguya</i> spp.	Branquias y órganos internos	Proliferación branquial	Asociados a hospederos intermediarios (Kent et al., 2001)
Tremátodos digéneos	<i>Diplostomum</i> spp.	Cristalino y tejidos	Alteraciones visuales	Asociados a caracoles (Voutilainen et al., 2010)
Céstodos	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Intestino	Enteritis, retraso de crecimiento	Transmisión por copépodos (Scholz et al., 2021)
Nemátodos	<i>Contracaecum</i> spp.; <i>Eustrongyloides</i> spp.	Cavidad y musculatura	Lesiones tisulares	Mayor presencia en sistemas abiertos (Paperna, 1991)
Crustáceos parásitos	<i>Lernaea</i> ; <i>Argulus</i> ; <i>Ergasilus</i>	Piel y branquias	Lesiones ulcerativas	Predisponen infecciones bacterianas (Wafer et al., 2015)

Este efecto es particularmente importante en los sistemas de producción intensiva, donde, especialmente durante las etapas tempranas de vida como alevinaje y cría, los peces presentan una mayor susceptibilidad a agentes parasitarios debido a la inmadurez funcional de su sistema inmune (Faruk & Anka, 2017; Soliman et al., 2013). El estrés derivado del hacinamiento, la manipulación y los cambios ambientales actúa como factor predisponente, completando la clásica tríada epidemiológica agente–hospedero–ambiente (Snieszko, 1974). En este contexto, las parasitosis no solo generan mortalidades directas, sino también pérdidas económicas por disminución del crecimiento, susceptibilidad a infecciones secundarias y rechazo comercial del producto (Alkali et al., 2021). La presente revisión analiza los principales grupos parasitarios que afectan la producción de crías de peces, enfatizando su epidemiología, patogenia y relevancia productiva.

DESARROLLO DEL TEMA

Protozoarios

Los protozoarios constituyen uno de los grupos parasitarios más relevantes en fases tempranas de producción. Incluyen organismos oportunistas, comensales y altamente especializados, con ciclos de vida generalmente directos que favorecen su rápida diseminación en sistemas intensivos (Martins et al., 2015; Woo & Ardelli, 2014).

Entre ellos, los ciliados ocupan un lugar destacado debido a su impacto patológico; en particular, *Ichthyophthirius multifiliis* es reconocido como uno de los patógenos más importantes en agua dulce, responsable de la enfermedad conocida como “punto blanco” (Bruno et al., 2006; Noga, 2010). Su ciclo depende estrechamente de la temperatura, lo que explica la estacionalidad observada en múltiples sistemas productivos (Ghiraldelli et al., 2006; Ventura et al., 2013). En crías de carpa y tilapia, se han documentado prevalencias variables con picos durante periodos de temperaturas moderadas a bajas (Mortuza & Al-Misned, 2015; Yevtushenko, 2020).

Los tricodinidos, particularmente *Trichodina* spp., representan otro grupo de alta prevalencia en hatcheries y estanques de cría. Estos ectoparásitos se localizan principalmente en piel y branquias, provocando hiperplasia epitelial, hipersecreción mucosa y compromiso respiratorio cuando las cargas parasitarias son elevadas (Mitiku et al., 2018; Valladão et al., 2016), las cuales generalmente están asociadas con condiciones de mala calidad de agua y alta carga orgánica (Mitiku et al., 2018). *Ichthyobodo necator* es un protozoario flagelado especialmente relevante en salmónidos y otras especies de cultivo intensivo. Su capacidad de transmisión en sistemas con abastecimiento de agua aparentemente libre de peces silvestres sugiere una notable eficiencia en la transmisión horizontal, produciendo lesiones epidérmicas que afectan la osmorregulación y pueden reducir la tolerancia al cambio de salinidad en estas especies anádromas (Isaksen et al., 2010).

Esta elevada capacidad de propagación no es exclusiva, sino que también se observa en otros grupos de protozoarios de importancia acuícola, como los dinoflagelados del orden Oodiniaceae. Especies como *Piscinoodinium pillulare* y *Amyloodinium ocellatum*, poseen ciclos monoxenos con fases libres que facilitan brotes explosivos en sistemas abiertos o con alta aireación (Guerra-Santos et al., 2012; Woo & Ardelli, 2014). Las infecciones severas producen necrosis epitelial branquial, fusión lamelar y mortalidades masivas, particularmente en juveniles (Arbildo-Ortiz et al., 2020). En términos generales, las infecciones protozoarias en crías se caracterizan por alta transmisibilidad, marcada influencia ambiental y potencial sinergismo con infecciones bacterianas secundarias (Austin et al., 1998).

Monogéneos

Los monogéneos son helmintos ectoparásitos de ciclo directo con elevada especificidad hospedero-parásito. Los géneros *Dactylogyrus* sp. y *Gyrodactylus* sp. predominan en sistemas de producción de crías, localizándose en branquias y piel respectivamente (Reed et al., 2012).

En carpas comunes, las prevalencias de *Dactylogyrus* sp. pueden superar el 80% en ciertas épocas del año (Yevtushenko, 2020), mientras que en tilapias se pueden presentar en todos los estadios de cultivo (Bertaglia et al., 2023; Rojas-García et al., 2020). La dinámica estacional suele correlacionarse con incrementos de temperatura y sólidos suspendidos en el agua (Arguedas et al., 2017). A diferencia de *Dactylogyrus* sp., *Gyrodactylus* sp. es vivíparo, esto le otorga una ventaja reproductiva significativa: al retransmitir crías ya desarrolladas directamente sobre el hospedero, puede aumentar su tasa de crecimiento poblacional, sin depender de etapas libres o de condiciones ambientales específicas para la diseminación (Cable et al., 2002). Las lesiones inducidas incluyen hiperplasia lamelar, hemorragias y deterioro de la función respiratoria. En crías, donde la superficie branquial es proporcionalmente menor, estas alteraciones pueden tener consecuencias críticas en términos de oxigenación y equilibrio osmótico.

Mixosporidios

Los mixosporidios (Clase Myxozoa) son parásitos obligados con ciclos heteroxenos que involucran generalmente anélidos como hospederos intermediarios (Kent et al., 2001). Géneros como *Myxobolus* sp. y *Henneguya* sp. afectan, tanto órganos internos, como branquias (Adriano et al., 2014; Wise et al., 2008), y se han reportado en las etapas de alevín y crías de varios peces cultivados, incluidos carpas, salmónidos y bagre; en crías de carpa, las infecciones con *Myxobolus* sp. pueden mostrar estacionalidad con picos en verano y otoño (Yevtushenko, 2020), mientras que *M. encephalicus* puede afectar alevines y crías de carpa y *M. cerebralis* alevines de salmónidos (Banu & Rathinam, 2023). Aunque muchas infecciones son subclínicas, algunas especies inducen proliferación branquial severa, como ocurre con *Henneguya ictaluri* en crías de bagre de canal (Banu & Rathinam, 2023; Wise et al., 2008). La complejidad del ciclo y la presencia de hospederos intermediarios en estanques rústicos explican la mayor incidencia en sistemas semi-intensivos frente a hatcheries cerrados.

Tremátodos digéneos

Las metacercarias de tremátodos digéneos constituyen un problema frecuente en estanques donde coexisten moluscos hospederos intermediarios (Bagnato et al., 2015). La transmisión ocurre cuando las cercarias liberadas por caracoles penetran en los tejidos del pez, enquistándose en piel, músculo, cristalino u órganos internos (Bruno et al., 2006). Algunos tremátodos digéneos como el género *Diplostomum* sp. pueden llegar al cristalino donde puede inducir alteraciones visuales, afectando la alimentación y aumentando la vulnerabilidad a depredadores (Voutilainen et al., 2010). Además, algunas especies de tremátodos digéneos como *Haplorchis pumilio*, *H. taichui*, *H. yokogawai*, *Echinochasmus japonicus*, *E. perfoliatus*, *Echinostoma cinetorchis*, y *Centrocestus formosanus* poseen relevancia zoonótica cuando los peces actúan como segundos hospederos intermediarios (Chai, 2007; Lan-Anh et al., 2009).

La presencia y transmisión de estos helmintos están estrechamente condicionadas por las características ecológicas de los sistemas de producción, lo que explica las marcadas diferencias observadas entre hatcheries y estanques de cría, donde los factores ambientales y la biodiversidad local desempeñan un papel central en la epidemiología de estos helmintos (Thien et al., 2009).

Céstodos y nemátodos

Los céstodos como *Bothriocephalus acheilognathi* han mostrado alta prevalencia en crías de carpa, con impactos severos sobre el crecimiento y mortalidad cuando las cargas son elevadas (Scholz et al., 2021; Yevtushenko, 2020), cuya transmisión depende de copépodos (*Lernaea cypricaea* y *Argulus foliaceus*) como hospederos intermediarios, lo que vincula la infección con la ecología del estanque.

Los nemátodos larvarios de géneros como *Contracaecum* sp. y *Eustrongyloides* sp. pueden localizarse en cavidad peritoneal y musculatura, afectando la comercialización por razones estéticas y sanitarias (Paperna, 1991). Aunque menos frecuentes en hatcheries, su presencia aumenta en sistemas abiertos con interacción con fauna silvestre.

Crustáceos parásitos

Géneros como *Lernaea* sp., *Argulus* sp. y *Ergasilus* sp. afectan principalmente etapas juveniles y reproductores, aunque pueden presentarse en crías (Wafer et al., 2015); su acción hematófaga y traumática genera lesiones ulcerativas que predisponen a infecciones secundarias bacterianas (Bruno et al., 2006). La estacionalidad varía según la región y especie hospedera (Yevtushenko, 2020).

Discusión

La evidencia revisada confirma que las etapas tempranas de producción de peces son particularmente vulnerables a parasitosis debido a la combinación de inmadurez inmunológica, estrés ambiental y alta densidad de cultivo (Soliman et al., 2013; Faruk & Anka, 2017). Los sistemas cerrados de incubación ofrecen protección relativa frente a helmintos de ciclo de vida complejo, pero los protozoarios y monogéneos de ciclo directo continúan representando riesgos importantes (Tabla 2). La interacción entre parásitos y otros patógenos sugiere la necesidad de enfoques integrales de

■ Tabla 2. Factores epidemiológicos asociados a parasitosis

Factor epidemiológico	Influencia	Grupos afectados	Referencias
Temperatura del agua	Modula ciclos y brotes	Protozoarios y monogéneos	(Ghiraldelli et al., 2006; Ventura et al., 2013)
Densidad de cultivo	Facilita transmisión directa	Protozoarios; monogéneos	(Soliman et al., 2013)
Calidad del agua	Favorece ectoparásitos oportunistas	Trichodina; Ichthyobodo	(Mitiku et al., 2018)
Hospederos intermediarios	Permiten ciclos heteroxenos	Mixosporidios; digéneos; céstodos	(Kent et al., 2001; Scholz et al., 2021)
Tipo de sistema de cultivo	Estanques abiertos aumentan exposición	Helmintos	(Yevtushenko, 2020)
Estrés e inmunidad inmadura	Aumenta susceptibilidad	Todos los grupos	(Austin et al., 1998; Noga, 2010)

manejo sanitario, donde el monitoreo periódico, la calidad del agua y la bioseguridad desempeñen un papel central (Austin et al., 1998; Noga, 2010) (Tabla 3).

■ Tabla 3. Estrategias de control y prevención

Estrategia	Descripción	Parásitos controlados	Referencias
Monitoreo sanitario	Examen microscópico periódico	Protozoarios; monogéneos	(Noga, 2010)
Manejo de densidad	Reducción del hacinamiento	Protozoarios; monogéneos	(Soliman et al., 2013)
Calidad del agua	Control de carga orgánica	Protozoarios oportunistas	(Boyd, 2013)
Bioseguridad	Filtración y desinfección	Protozoarios; helmintos	(Woo & Ardelli, 2014)
Control de intermediarios	Eliminación de caracoles y copépodos	Digéneos; céstodos	(Kent et al., 2001)
Manejo de sedimentos	Secado y encalado de estanques	Helmintos	(Paperna, 1991)
Tratamientos terapéuticos	Baños químicos controlados	Protozoarios; monogéneos	(Noga, 2010)
Control ecológico	Manejo de fauna silvestre	Digéneos; nemátodos	(Chai, 2007)
Buenas prácticas	Reducir estrés y manipulación	Todos	(Austin et al., 1998)

CONCLUSIONES

Las infecciones parasitarias continúan siendo un desafío estructural para la producción de crías de peces. Los protozoarios de transmisión directa representan la principal amenaza en hatcheries, mientras que los helmintos de ciclo de vida complejo adquieren relevancia en estanques abiertos. La interacción entre factores ambientales, densidad y estado inmunológico determina la magnitud del impacto productivo. El monitoreo sistemático y el conocimiento de los ciclos biológicos permiten diseñar estrategias preventivas basadas en bioseguridad y manejo ambiental. El futuro del control de parasitosis en la producción de crías de peces dependerá de la integración de vigilancia epidemiológica temprana, herramientas diagnósticas moleculares y estrategias de manejo basadas en riesgo. A medida que la acuicultura continúa expandiéndose globalmente, la intensificación productiva y el cambio climático probablemente modificarán la distribución estacional y geográfica de protozoarios y helmintos, favoreciendo la emergencia de nuevos patrones epizooticos. En este contexto, la incorporación de sistemas de recirculación con mayor bioseguridad, el monitoreo automatizado de calidad de agua y el uso racional de tratamientos antiparasitarios deberán complementarse con enfoques preventivos como la selección genética por resistencia y el fortalecimiento de la inmunocompetencia temprana. La investigación futura deberá centrarse en comprender las interacciones hospedero-parásito-ambiente bajo escenarios de mayor densidad y variabilidad térmica, con el objetivo de transitar desde modelos reactivos hacia programas preventivos y predictivos de sanidad acuícola.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de igual manera en la concepción o diseño del trabajo, redacción, revisión crítica y final del manuscrito.

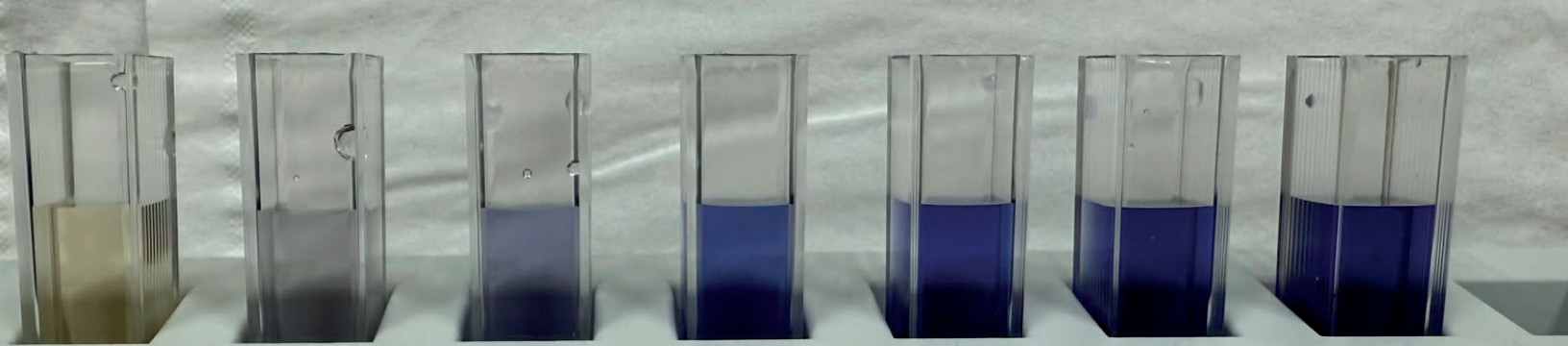
REFERENCIAS

Adriano, E. A., Silva, M. R., Atkinson, S. D., Bartholomew, J. L., & Maia, A. A. (2014). *Myxidium ceccarellii* n. sp. (Myxosporidia) from the gallbladder of *Leporinus elongatus* (Anostomidae) from the São Francisco River, Brazil. *Parasitology Research*, 113(7), 2665-2670. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-0411-4>

- org/10.1007/s00436-014-3921-x
- Alam, M. M., Khan, M. A., Hussain, M. A., Moumita, D., Mazlan, A. G., & Simon, K. D. (2012). Intensity of parasitic infestation in silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 13(12), 1024-1028. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1200121>
- Alkali, A. L., Yila, L. S., Faruk, M. H., & Yusha, B. (2021). Influence of age on the prevalence of gill parasites and associated lesions in cultured African Catfish (*Clarias gariepinus*) in Sokoto, Nigeria. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 9(3), 32-41.
- Arguedas, D., Ortega, C., Martínez, S., & Astroza, Á. (2017). Parasites of Nile tilapia larvae *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in concrete ponds in Guanacaste, northern Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 313-319. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n2/1659-4266-cinn-9-02-00313.pdf>
- Arbildo-Ortiz, H., Alvez-Robledo, J., Chuquipiondo Guardia, C., & Silva de Souza, A. K. (2020). Primer registro de infestación de *Piscinoodinium pillulare* (Dinoflagellida) en juveniles de *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalminidae) en cultivo semi-intensivo en Loreto, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), e16662. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.16662>
- Austin, B., Austin, D. A., Dalsgaard, I., Gudmundsdóttir, B. K., Høie, S., Thornton, J. M., Larsen, J. L., O'Hici, B., & Powell, R. (1998). Characterization of atypical *Aeromonas salmonicida* by different methods. *Systematic and Applied Microbiology*, 21(1), 50-64. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(98\)80008-8](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(98)80008-8)
- Bagnato, E., Gilardoni, C., Di Giorgio, G., & Cremonte, F. (2015). A checklist of marine larval trematodes (Digenea) in molluscs from Argentina, Southwestern Atlantic coast. *Check List*, 11(4), 1706. <https://doi.org/10.15560/11.4.1706>
- Banu, H., & Rathinam, R. B. (2023). Myxozoan fish diseases: possible treatment and zoonoses. *Journal of Parasitic Diseases*, 47, 215-223. <https://doi.org/10.1007/s12639-023-01568-9>
- Bertaglia, E. d. A., Furtado, W. E., Silva e Souza, Â. T., Fernandes, M. C., Pereira, S. A., Brasil, E. M., Mourinho, J. L. P., Jerônimo, G. T., & Martins, M. L. (2023). Influence of seasonality and culture stage of farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with monogenean parasitic infection. *Animals*, 13, 1525. <https://doi.org/10.3390/ani13091525>
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality* (pp. 223-241). Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG.
- Bruno, D. W., Nowak, B., & Elliott, D. G. (2006). Guide to the identification of fish protozoan and metazoan parasites in stained tissue sections. *Diseases of Aquatic Organisms*, 70(1-2), 1-36. <https://doi.org/10.3354/dao070001>
- Cable, J., Tinsley, R. C., & Harris, P. D. (2002). Survival, feeding and embryo development of *Gyrodactylus gasterostei* (Monogenea: Gyrodactylidae). *Parasitology*, 124(1), 53-68. <https://doi.org/10.1017/s0031182001008861>
- Cai, J., & Zhou, X. (2019). Contribution of aquaculture to total fishery production: the 50-percent mark. *FAO Aquaculture Newsletter*, 60, 43-45.
- Chai, J. Y. (2007). Intestinal flukes. En *Food-borne parasitic zoonoses: fish and plant-borne parasites* (pp. 53-115). Boston, MA: Springer US.
- FAO. (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1020-5489 9789251326923 <https://digitallibrary.un.org/record/3934505/export/x?>
- Faruk, M. A. R., & Anka, I. Z. (2017). An overview of diseases in fish hatcheries and nurseries. *Fundamental and Applied Agriculture*, 2(3), 311-316. <https://doi.org/10.5455/faa.277539>
- Ghiraldelli, L., Martins, M. L., Jeronimo, G. T., Yamashita, M. M., & Adamante, W. D. B. (2006).

- Ectoparasites communities from *Oreochromis niloticus* cultivated in the State of Santa Catarina, Brazil. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1(2), 181-190. <https://doi.org/10.3923/jfas.2006.181.190>
- Guerra-Santos, B., Albinati, R. C., Moreira, E. L. T., Lima, F. W., Azevedo, T. M. D., Costa, D. S., Medeiros S. D. C., & Lira, A. D. (2012). Parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas em bijupirá (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) com amyloodiniose. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(11), 1184-1190. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012001100019>
- Isaksen, T. E., Karlsbakk, E., Sundnes, G. A., & Nylund, A. (2010). Patterns of *Ichthyobodo necator* sensu stricto infections on hatchery-reared Atlantic salmon *Salmo salar* in Norway. *Diseases of Aquatic Organisms*, 88, 207-214. <https://doi.org/10.3354/dao02173>
- Kent, M. L., Andree, K. B., Bartholomew, J. L., El-Matbouli, M., Dessser, S. S., Devlin, R. H., Feist, S. W., Hedrick, R. P., Hoffmann, R. W., Khattra, J., Hallett, S. L., Lester, R. J., Longshaw, M., Palenzeula, O., Siddall, M. E., & Xiao, C. (2001). Recent advances in our knowledge of the Myxozoa. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 48(4), 395-413. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2001.tb00173.x>
- Lan-Anh, N. T., Phuong, N. T., Murrell, K. D., Johansen, M. V., Dalsgaard, A., Thu, L. T., Kim-Chi, T. T., & Thamsborg, S. M. (2009). Animal reservoir hosts and fish-borne zoonotic trematode infections on fish farms, Vietnam. *Emerging Infectious Diseases*, 15(4), 540-546. <https://doi.org/10.3201/eid1504.081147>
- Martins, M. L., Cardoso, L., Marchiori, N., & Benites de Pádua, S. (2015). Infecções por protozoários em peixes cultivados no Brasil: Diagnóstico e patogênese. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 24, 1-20. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015013>
- Mitiku, M. A., Konecny, R., & Haile, A. L. (2018). Parasites of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from selected fish farms and Lake Koftuin central Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*, 22(2), 65-80. <https://doi.org/10.4314/evj.v22i2.6>
- Mortuza, M. G., & Al-Misned, F. A. (2015). Prevalence of ectoparasites in carp fry and fingerlings of Rajshahi district, Bangladesh. *Journal of Parasitic Diseases*, 39(2), 130-133. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0296-3>
- Noga, E. J. (2010). *Fish disease: Diagnosis and treatment* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Paperna, I. (1991). Diseases caused by parasites in the aquaculture of warm water fish. *Annual Review of Fish Diseases*, 1, 155-194. [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90028-I](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90028-I)
- Post, G. W. (1983). *Textbook of fish health* (p. 256).
- Reed, P., Francis-Floyd, R., Klinger, R., & Petty, D. (2012). Monogenean Parasites of Fish: FA28/FA033, rev. 6/2012. EDIS, 2012(8). <https://doi.org/10.32473/edis-fa033-2012>
- Rojas-Garcia, C., Jimenez-Garcia, I., & Mendoza-Franco, E. (2020). Ecto-parasitic infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry during male reversal in Veracruz, México. *International Aquatic Research*, 12(3) <https://doi.org/10.22034/iar.2020.1898558.1046>
- Scholz, T., Kuchta, R., & Oros, M. (2021). Tapeworms as pathogens of fish: A review. *Journal of Fish Diseases*, 44(12), 1883-1900. <https://doi.org/10.1111/jfd.13526>
- Snieszko, S. F. (1974). The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *Journal of Fish Biology*, 6(2), 197-208. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1974.tb04537.x>
- Soliman, F. M., Abd El-Galil, M. A. A., Adly, M. A., & Ahmed, F. A. A. (2013). Studies on trichodinosis of some cultured freshwater fishes at Sohag Governorate. *Life Science Journal*, 10(4), 1400-1409. https://www.lifesciencesite.com/ljs/life1004/185_21149life1004_1400_1409.pdf
- Thien, C. P., Dalsgaard, A., Nhan, N. T., Olsen, A., & Murrell, K. D. (2009). Prevalence of zoonotic trematode parasites in fish fry and juveniles in fish farms of the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture*, 295(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.06.033>

- Valladão, G. M. R., Alves, L. D. O., & Pilarski, F. (2016). Trichodiniasis in Nile tilapia hatcheries: diagnosis, parasite: host-stage relationship and treatment. *Aquaculture*, 451, 444-450. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.030>
- Ventura, A. S., Jerônimo, G. T., Gonçalves, E. L. T., Tamporoski, B. R. F., Martins, M. L., & Ishikawa, M. M. (2013). Fauna parasitária dos híbridos siluriformes cachapinta e jundiara nos primeiros estágios de desenvolvimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8), 943-949. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800019>
- Voutilainen, A., Huuskonen, H., & Taskinen, J. (2010). Penetration and migration success of *Diplostomum* spp. cercariae in Arctic charr. *The Journal of Parasitology*, 96(1), 232-235. <https://doi.org/10.1645/GE-2095.1>
- Wafer, L. N., Whitney, J. C., & Jensen, V. B. (2015). Fish lice (*Argulus japonicus*) in goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Medicine*, 65(2), 93-95. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4408894/>
- Wise, D. J., Griffin, M. J., Terhune, J. S., Pote, L. M., & Khoo, L. H. (2008). Induction and evaluation of proliferative gill disease in channel catfish fingerlings. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20(4), 236-244. <https://doi.org/10.1577/H08-023.1>
- Woo, P. T. K., & Ardelli, B. F. (2014). Protozoan parasites of fish. In P. T. K. Woo (Ed.), *Fish diseases and disorders* (Vol. 1). CABI.
- Yevtushenko, A. V. (2020). Features of the parasitic system formation in common carp in the aquaculture of the north-eastern and eastern regions of Ukraine. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*, 6(2), 9-15. <https://doi.org/10.36016/JVMBBS-2020-6-2-2>



Evidencia sobre la capacidad antioxidante del kéfir elaborado con leche de cabra y leche de vaca: una revisión sistemática

Evidence on the antioxidant capacity of kefir made from goat milk and cow milk: a systematic review

Mariana Mendoza-Ponce¹, Gerardo Noé Rosales-Martínez¹, Jorge Alva-Pérez¹, Ivonne Ceballos-Olvera¹, Luz Yosahandy Peña-Avelino^{1*}

RESUMEN

El Kéfir es una bebida fermentada que contienen múltiples microorganismos. Ha sido recomendada por su potencial antioxidante y antimicrobiano. Se consultaron bases de datos PubMed, Web of Science, ScienceDirect y Taylor & Francis Online, sin restricción temporal de publicación. Los resultados mostraron una tendencia hacia una mayor actividad antioxidante en el kéfir elaborado con leche de cabra. En el ensayo ABTS, favoreció al kéfir caprino, aunque no de manera unánime. La evidencia para los ensayos FRAP y CFT fue más limitada y heterogénea. Las diferencias observadas pueden estar relacionadas con las características proteicas y lipídicas de la leche de cabra, así como con la generación de compuestos bioactivos durante la fermentación; sin embargo, la evidencia disponible no permite identificar con certeza los mecanismos responsables. La heterogeneidad metodológica entre los estudios, las diferencias en las unidades de reporte y la escasez de datos comparativos particularmente para CTF limitan la solidez de las conclusiones.

Palabras clave: capacidad antioxidante, fenoles, flavonoides, kéfir, revisión sistemática.

ABSTRACT

Kefir is a fermented beverage containing multiple microorganisms. It has been recommended for its antioxidant and antimicrobial potential. The following databases were searched: PubMed, Web of Science, ScienceDirect, and Taylor & Francis Online, with no time restrictions on publication dates. The results showed a trend toward higher antioxidant activity in kefir made from goat's milk. In the ABTS assay, goat's milk kefir performed better, although not unanimously. The evidence for the FRAP and CFT assays was more limited and heterogeneous. The observed differences may be related to the protein and lipid characteristics of goat's milk, as well as to the formation of bioactive compounds during fermentation; however, the available evidence does not allow for the certain identification of the mechanisms responsible. Methodological heterogeneity among the studies, differences in reporting units, and the scarcity of comparative data, particularly for CFT, limit the strength of the conclusions.

Keywords: antioxidant capacity, phenols, flavonoids, kefir, systematic review

*Autor para correspondencia: lypena@docentes.uat.edu.mx

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2026

Fecha de recepción: 18 de junio de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los alimentos más completos, desde el punto de vista nutricional, porque aporta proteínas de alto valor biológico, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales esenciales que contribuyen al desarrollo y mantenimiento de la salud humana (Baniasadi et al., 2021). Además de su consumo directo, la leche constituye una de las principales materias primas para la elaboración de productos fermentados, como el kéfir, el cual se caracteriza por su compleja composición microbiana y sus múltiples propiedades funcionales (Bourrie et al., 2016; La Torre et al., 2024; Prado et al., 2015). El término kéfir proviene del vocablo turco kef, que significa "sabor agradable". Es una bebida fermentada de origen caucásico, elaborada de forma tradicional mediante la inoculación de gránulos de kéfir en la leche. Estos gránulos están constituidos por una mezcla simbiótica de bacterias ácido-lácticas, bacterias ácido-acéticas, levaduras y hongos miceliales, inmersos en una matriz extracelular de polisacáridos conocida como kefiran (Bourrie et al., 2016; Yilmaz-Ersan et al., 2016). El producto resultante presenta una consistencia cremosa, sabor ligeramente ácido y con bajo contenido alcohólico que contiene vitaminas del complejo B, minerales, aminoácidos esenciales y compuestos aromáticos característicos como: acetaldehído y diacetilo, que constituyen sus características sensoriales distintas.

La composición de la leche utilizada como sustrato influye de manera importante en las características fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales del kéfir. En los últimos años, la leche de cabra ha despertado un interés creciente entre consumidores e investigadores, debido a determinadas características nutricionales y biofuncionales que la distinguen de la leche de vaca (Uzkuç et al., 2026; Yilmaz-Ersan et al., 2016). Entre las variaciones que destacan se encuentra la composición proteica, lipídica y de α S1-caseína que implica un menor potencial alergénico y una mayor proporción de ácidos grasos de cadena media y corta, como los ácidos caproico, caprílico y cáprico, los cuales podrían influir en la digestibilidad, metabolización y en las propiedades sensoriales de los productos derivados de la leche de cabra, en comparación con la leche de vaca (Clark & Mora García, 2017; Yilmaz-Ersan et al., 2016). Estos atributos han favorecido el interés en la elaboración de productos fermentados a base de leche de cabra, incluido el kéfir, como alternativa con potencial de valor funcional. En este sentido, estudios recientes han incorporado como matriz de entrega para compuestos antioxidantes de origen vegetal, lo que evidencia el creciente interés científico y tecnológico en este tipo de producto (Dessi et al., 2026).

El kéfir ha sido ampliamente reconocido por los beneficios sobre la salud, entre ellos: la modulación del sistema inmunológico, mejora en la salud digestiva, efectos antimicrobianos, antitumorales, antihipertensivos y antioxidantes (Prado et al., 2015; Yilmaz-Ersan et al., 2016). El mercado global del kéfir ha experimentado un crecimiento sostenido, con una valoración estimada entre 1,260,000 y 2,850,000 millones de dólares, con una tasa de crecimiento anual de 6.4% hasta el 2030 impulsada por la creciente demanda de alimentos probióticos y funcionales (Dessi et al., 2026). En este contexto, se ha impulsado la investigación orientada a comprender los compuestos y mecanismos responsables de su capacidad antioxidante. Entre los factores propuestos se encuentran los péptidos bioactivos liberados durante la fermentación, compuestos fenólicos, determinados aminoácidos con actividad reductora como tirosina, cisteína o triptófano y antioxidantes no enzimáticos como vitaminas A, C y E (Yilmaz-Ersan et al., 2018).

El estrés oxidativo es el resultado de un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO) y la capacidad de los sistemas antioxidantes endógenos que son utilizadas para

neutralizarlas. Este fenómeno se ha asociado con la patogénesis de enfermedades crónicas como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y los trastornos neurodegenerativos. Las ERO pueden provocar la oxidación de lípidos de membrana, proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN), así como la modificación de lipoproteínas de baja densidad (Baniyadi et al., 2021; Yilmaz-Ersan et al., 2018). Para contrarrestar estos efectos los organismos aerobios disponen de sistemas antioxidantes enzimáticos, superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y mecanismos no enzimáticos. Los antioxidantes sintéticos han sido cuestionados por toxicidad y efectos carcinogénicos, debido a ello, existe un interés creciente por fuentes naturales de antioxidantes y los productos lácteos fermentados son una alternativa prometedora.

La actividad antioxidante del kéfir está determinada por múltiples factores, entre los que destacan: el tipo de leche utilizada como sustrato, tipo y composición del cultivo iniciador, gránulos de kéfir o cultivo comercial estandarizado, las condiciones de fermentación y almacenamiento. Algunos estudios han reportado que los gránulos de kéfir, debido a su diversidad microbiana, pueden estar asociados con valores superiores de actividad antioxidante que los cultivos comerciales, tanto por la actividad neutralizadora de radicales libres como por el contenido fenólico total. Dichos parámetros pueden modificarse durante el almacenamiento en refrigeración (Ozcan et al., 2019; Yilmaz-Ersan et al., 2018). Dado que la composición proteica, lipídica y mineral difiere entre la leche de cabra y la de vaca, se considera que el kéfir elaborado a partir de ambas matrices puede presentar diferencias en su potencial antioxidante. No obstante, la evidencia comparativa directa entre ambas matrices continúa siendo limitada y no ha sido sistematizada.

El kéfir ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades funcionales y antioxidantes, sin embargo, la mayor parte de la evidencia disponible se ha centrado en el kéfir elaborado con leche de vaca. Aunque algunos estudios han evaluado las propiedades antioxidantes del kéfir de leche de cabra, sus resultados no han sido integrados ni comparados sistemáticamente con los del kéfir de leche de vaca, lo que deja una brecha de conocimiento que limita la comprensión de las posibles diferencias entre ambos tipos de kéfir y de los factores que podrían influir en su capacidad antioxidante. Hasta donde se tiene conocimiento, no existen revisiones sistemáticas previas que hayan comparado de forma integral la capacidad antioxidante del kéfir elaborado con leche de cabra y de vaca, lo que justifica la presente revisión. Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión sistemática fue comparar la capacidad antioxidante evaluada mediante los ensayos 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) y Poder Antioxidante Reductor del Hierro (FRAP), el contenido fenólico total (CFT) y el contenido total de flavonoides (CTF) del kéfir elaborado a partir de leche de cabra vs. a leche de vaca.

DESARROLLO DEL TEMA

Materiales y métodos

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La pregunta de investigación se formuló siguiendo el esquema PICOS (Wang et al., 2024), donde la población (P) correspondió a productos de kéfir elaborados mediante fermentación láctica, la intervención (I) fue el uso de leche de cabra, la comparación (C) fue el uso de leche de vaca, los desenlaces (O) incluyeron la capacidad antioxidante determinada mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP, así como el contenido fenólico total (CFT) y el contenido total de flavonoides (CTF), y el tipo de estudio (S) correspondió a estudios experimentales originales.

La búsqueda bibliográfica se realizó entre enero y marzo de 2025 en las bases de datos Web of Science, Taylor & Francis Online, ScienceDirect y PubMed, sin restricción temporal de publicación. La estrategia de búsqueda combinó términos relacionados con "kefir", "goat milk", "cow milk", "antioxidant activity", "DPPH", "ABTS", "FRAP", "total phenolic content" y "total flavonoid content", utilizando los operadores booleanos AND y OR. Las ecuaciones de búsqueda completas para cada base de datos se presentan en la Tabla 1.

■ Tabla 1. Ecuación de búsqueda para las bases de datos.

Acrónimo	Términos y referencias
Población (P)	("Kefir" OR "fermented milk" OR "probiotic drink" OR "kefir grains" OR "Cultured milk products") AND
Intervención (I)	("goat milk" OR "caprine milk" OR "capra hircus milk" OR "goats" OR "milk") AND
Comparación (C)	("cow milk" OR "bovine milk" OR "bos taurus milk" OR "bos indicus milk" OR "dairy milk") OR "Cattle" OR "Milk" AND
Outcome (O,) resultado	("antioxidant capacity" OR "DPPH" OR "ABTS" OR "FRAP" OR "CUPRAC" OR "flavonoids" OR "total phenolic content") NOT
Diseño de estudio	Review o meta-analysis

Registro y protocolo

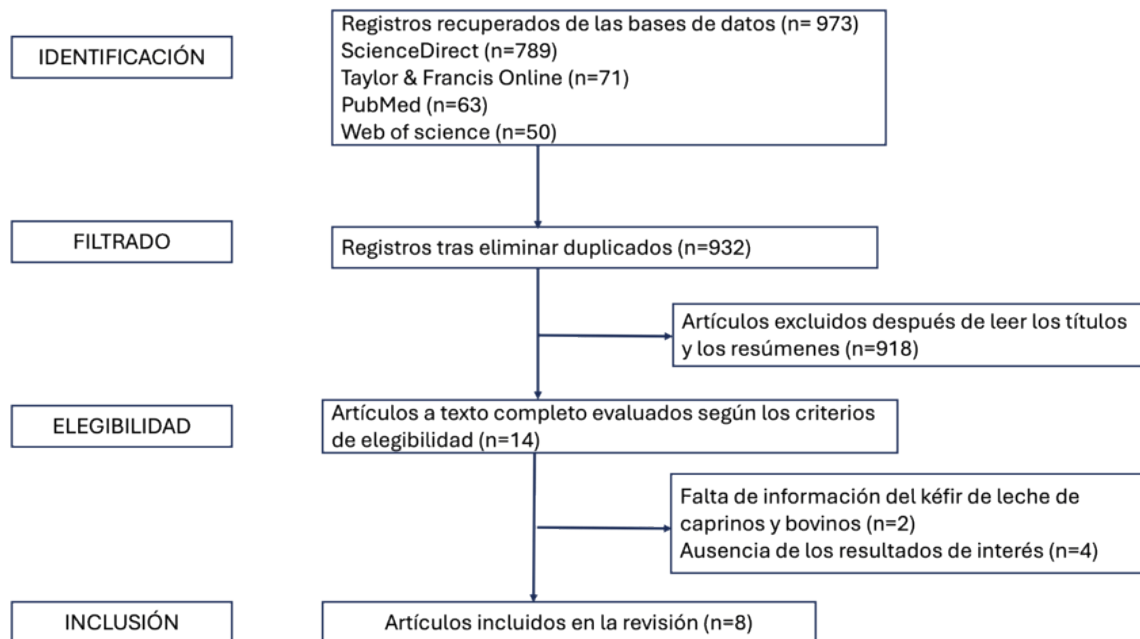
La presente revisión sistemática se desarrolló siguiendo las directrices de la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). No se realizó registro prospectivo del protocolo en bases de datos como PROSPERO, ni en otro repositorio público, previo a la ejecución de la revisión, por lo que no fue posible disponer de un registro externo verificable de los métodos planificados antes de la ejecución del estudio, esto se reconoce explícitamente como una limitación metodológica.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión y exclusión se definieron a priori basados en la pregunta PICOS y se aplicaron de manera consistente durante todo el proceso de selección. Se incluyeron estudios experimentales originales que evaluaran la actividad antioxidante de kéfir elaborado a partir de leche de cabra, leche de vaca, o ambas, que reportaran al menos uno de los siguientes criterios de evaluación: capacidad antioxidante determinada mediante los ensayos DPPH, ABTS o FRAP, CFT o CTF; y que presentaran datos cuantitativos suficientes para la comparación entre grupos o tipos de leche. Se excluyeron (1) artículos de revisión, revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre kéfir y actividad antioxidante; (2) estudios que no utilizaron leche de cabra ni leche de vaca como sustrato de fermentación; (3) investigaciones que no reportaron ninguno de los desenlaces antioxidantes definidos, o que carecieran de datos cuantificables de actividad antioxidante; (4) estudios en los que el kéfir fuera utilizado exclusivamente como vehículo para la adición de ingredientes externos, como extractos vegetales u otros suplementos, sin reportar la actividad antioxidante basal del kéfir; y (5) estudios con datos insuficientes o inaccesibles para su análisis.

Proceso de selección de estudios y extracción de datos

El proceso de selección de estudios fue realizado de forma independiente por dos revisores (autor y coautor del presente artículo), utilizando la plataforma Rayyan (Ouzzani et al., 2016) como herramienta de apoyo para la gestión, organización y verificación de los registros recuperados. En la primera fase, se llevó a cabo la revisión de títulos y resúmenes de todos los registros identificados y recuperados, aplicando los criterios de elegibilidad previamente definidos. Los registros que no cumplían con los criterios, o que fueron considerados irrelevantes para la pregunta de investigación, fueron eliminados. En la segunda fase, los artículos que superaron el primer filtro fueron recuperados en texto completo y evaluados de manera independiente y exhaustiva por ambos revisores para determinar su inclusión final. Las discrepancias surgidas durante el proceso de selección entre revisores se resolvieron mediante discusión y consenso. El procedimiento completo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios se presenta en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1).



■ Figura 1. Diagrama de flujo con el proceso de selección de artículos para la revisión sistemática.

La extracción de datos se realizó de forma estandarizada utilizando una tabla diseñada específicamente para este fin. Con el fin de garantizar la consistencia y precisión de la información recopilada, los datos extraídos fueron revisados y verificados por ambos revisores. Para cada estudio incluido se registraron las siguientes variables: autor(es) y año de publicación, país de origen, tipo de leche utilizada (cabra, vaca u otras), encaste o raza del animal cuando fue reportado, proceso de la leche (cruda, pasteurizada o descremada), tipo de cultivo iniciador (gránulos de kéfir o cultivo comercial), condiciones de fermentación (temperatura y tiempo), condiciones de almacenamiento cuando fueron reportadas y los valores cuantitativos de los desenlaces antioxidantes: DPPH, ABTS, FRAP, CFT y CTF, con sus respectivas unidades de medida.

Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación formal del riesgo de sesgo o de calidad metodológica de los estudios incluidos no fue realizada en la presente revisión. Esta decisión se fundamenta en la ausencia de herramientas estandarizadas y específicamente validadas para la evaluación de estudios experimentales *in vitro* enfocados en alimentos funcionales, lo que limita la aplicación directa de los instrumentos

comúnmente utilizados en revisiones sistemáticas de estudios clínicos y preclínicos (Tran et al., 2021). Dado que las herramientas existentes, como SYRCLE, fueron diseñadas para otro tipo de estudios (modelos animales), se optó por no aplicar una adaptación sin validar, con el fin de evitar introducir sesgos adicionales derivados del uso de un instrumento no verificado. No obstante, se reconoce que la ausencia de esta evaluación constituye una limitación metodológica de la presente revisión, ya que posibles diferencias en el diseño experimental, las condiciones de fermentación, los métodos analíticos empleados y la forma de reportar los resultados podrían influir en la calidad y comparabilidad de la evidencia disponible, estos deben interpretarse considerando esta limitación. Para futuras actualizaciones de esta revisión, se recomienda el desarrollo de una lista de verificación *ad hoc* o la adaptación validada de la herramienta SYRCLE (Hooijmans et al., 2014), siguiendo la práctica documentada en revisiones sistemáticas de estudios similares, con el fin de evaluar la calidad metodológica y el riesgo de sesgo en estudios *in vitro* de alimentos funcionales.

Síntesis de resultados

Debido a la heterogeneidad metodológica entre los estudios incluidos, en cuanto a las condiciones de fermentación, el tipo de cultivo iniciador, las unidades de reporte de los desenlaces y las especies animales, no fue posible realizar un metaanálisis cuantitativo. Por lo tanto, los resultados se sintetizaron de forma cualitativa y narrativa, organizados por tipo de desenlace antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP, CFT y CTF) y por tipo de leche utilizada. Las diferencias entre estudios se analizaron considerando las variables metodológicas para explicar la variabilidad observada.

Resultados

Selección de estudios

La búsqueda bibliográfica, en las cuatro bases de datos consultadas, arrojó un total de 973 registros: 789 procedentes de ScienceDirect, 71 de Taylor & Francis Online, 63 de PubMed y 50 de Web of Science. Tras la eliminación de 41 registros duplicados, quedaron 932 registros para el cribado. Mediante la revisión de títulos y resúmenes, según los criterios de elegibilidad, se excluyeron 918 registros por no cumplir con los criterios de inclusión. Los 14 registros restantes fueron recuperados en texto completo y evaluados de manera exhaustiva por dos revisores independientes (por autor y coautor del artículo). Tras la lectura completa, se excluyeron 2 estudios por falta de información de kéfir de leche caprina y bovina, posteriormente se eliminaron 4 registros por ausencia de resultados de interés. El total de estudios incluidos en la síntesis cualitativa final fue de 8. El proceso completo de selección se muestra en la Figura 1.

Características de los estudios incluidos

Los 8 estudios incluidos fueron publicados entre 2015 y 2024, provenientes de cinco países: Turquía (n = 4), Irán (n = 1), México (n = 1), China (n = 1) e Italia (n = 1). Todos los estudios utilizaron gránulos de kéfir como cultivo iniciador en condiciones artesanales de fermentación. Los tiempos de fermentación oscilaron entre 20 y 24 horas, a temperaturas que oscilaron entre 24 y 25 °C, con excepción de un estudio (La Torre et al., 2024) que reportó fermentación a temperatura ambiente. Cabe señalar que, de los 8 estudios incluidos, 6 realizaron comparaciones directas entre kéfir de leche de cabra y de leche de vaca dentro del mismo diseño experimental (Altamirano-Carranza et al., 2022; Baniyadi et al., 2021; La Torre et al., 2024; Satir & Guzel-Seydim, 2015), además de Yilmaz-Ersan et al. (2016) y Shi et al. (2018) para cabra exclusivamente. Los estudios de Yilmaz-Ersan et al. (2018) y Yirmibeşoğlu & Tefon Öztürk (2020) no incluyeron leche de cabra en su diseño original comparando en su lugar kéfir de vaca con kéfir de oveja y de burra, respectivamente, por lo que sus datos de leche de vaca se incorporan a esta síntesis únicamente como evidencia descriptiva.

independiente, sin que constituyan una comparación directa cabra-vaca. La leche fue sometida a pasteurización, en la mayoría de los estudios, aunque dos trabajos utilizaron leche entera sin especificar tratamiento térmico. Uno empleó leche descremada en polvo reconstituida. En casi ningún estudio se reportó el encaste racial del animal, excepto en Satir y Guzel-Seydim (2015), quienes trabajaron con razas Hair y Saanen para leche de cabra y Holstein para leche de vaca. Las características detalladas de los estudios se muestran en la Tabla 2.

■ Tabla 2. Características metodológicas de los estudios incluidos en la revisión sistemática: tipo de leche, raza, proceso de la leche y método de fermentación.

País	Tipo de Leche cabra /vaca	Encaste racial	Proceso Leche cruda/ pasteurizada o/ descremada de cabra.	Método de Fermentación	Referencia
Turquía	Cabra	Hair y Saanen	Pasteurización	Granos de Kefir	Satir & Guzel-Seydim (2015)
Turquía	Vaca	Holstein	Pasteurización	Granos de Kefir	Satir & Guzel-Seydim (2015)
Turquía	Cabra	SD	Pasteurización	Granos de Kefir	Yilmaz-Ersan et al. (2016)
Turquía	Vaca	SD	Pasteurización	Granos de Kefir	Yilmaz-Ersan et al. (2018)
Turquía	Vaca	SD	Pasteurización	Granos de Kefir	Yirmibeşoğlu et al. (2020)
China	Cabra	SD	Descremada, reconstruida y pasteurizada	Granos de Kefir (K1, K2, K3, K4 y K5)	Shi et al. (2018)
Irán	Vaca	SD	Pasteurización	Granos de Kefir	Baniasadi et al. (2021)
Irán	Cabra	SD	Pasteurización	Granos de Kefir	Baniasadi et al. (2021)
México	Cabra	SD	Descremada en polvo, reconstituida (10% p/v) y pasteurizada	Granos de Kefir	Altamirano-Carranza et al. (2022)
México	Vaca	SD	Descremada (1% grasa) y tratada con UHT	Granos de Kefir	Altamirano-Carranza et al. (2022)
Italia	Vaca	SD	Leche entera	Granos de Kefir	La Torre et al. (2024)
Italia	Cabra	SD	Leche entera	Granos de Kefir	La Torre et al. (2024)

SD=Sin datos.

Actividad antioxidante: ensayo ABTS

El ensayo ABTS (Tabla 3) fue de los estudios incluidos, el desenlace antioxidante más reportado. Los valores obtenidos presentaron alta variabilidad, atribuible a las diferencias en las unidades de expresión de resultados, tiempo de fermentación y tipo de leche utilizada. En cuanto a la comparación entre leche de cabra y de vaca, tres estudios que realizaron comparación directa reportaron valores más altos para el kéfir caprino, mientras que uno reportó la tendencia opuesta. Altamirano-Carranza et al. (2022) encontraron valores de ABTS de $37.6 \pm 3.6\%$ para kéfir de cabra frente a $32.1 \pm 0.5\%$ para kéfir de vaca. Satir y Guzel-Seydim (2015) reportaron valores de $10.68 \mu\text{M}$ y $7.55 \mu\text{M}$ (TEAC) para kéfires de leche de cabra de las razas Hair y Saanen, respectivamente, frente a $5.46 \mu\text{M}$ para el kéfir de vaca (Holstein), documentando diferencias entre especies y razas. La Torre et al. (2024) reportaron valores de 74.1 ± 0.6 (vaca) y 76.2 ± 0.5 (cabra), ambos en leche entera y bajo las mismas condiciones de fermentación, con ligera ventaja para el kéfir caprino. En contraste, Baniasadi et al. (2021) encontraron que, entre las cuatro especies evaluadas (oveja, camello, vaca y cabra), el kéfir de vaca presentó una capacidad de captación de ABTS superior a la del kéfir de

cabra, con el siguiente orden general: oveja > camello > vaca > cabra.

Los estudios de Yilmaz-Ersan et al. (2016) y Yilmaz-Ersan et al. (2018) no permiten una comparación directa cabra-vaca: el primero evaluó únicamente kéfir de leche de cabra (ABTS = 10.96 mg TE/100 mL a las 20 h de fermentación), mientras que el segundo comparó kéfir de leche de vaca y de oveja sin incluir leche de cabra (ABTS = 11.05 mg TE/100 mL para vaca con cultivo de gránulos, día 1 de almacenamiento). Por lo tanto, el valor de vaca de este último estudio se incorpora a la síntesis únicamente como evidencia descriptiva independiente.

■ Tabla 3. Resultados de la capacidad antioxidante DPPH, ABTS, FRAP, CFT y CTF del kéfir de leche de cabra y vaca en los estudios incluidos.

Tiempo (h)	Temp (°C)	CTF (Fenoles)	DPPH (%)	ABTS	FRAP	CTF Flavonoides	Resultado (I vs C)	Referencia
20	24	516.03-1,359.32 mg GAE L	SD	10.68 μ M y 7.55 μ M	SD	SD	Cabra > Vaca (leche sin fermentar)	Satir & Guzel-Seydim (2015)
20	24	266.62 mg GAE L	SD	5.46 μ M	SD	SD	Cabra > Vaca (leche sin fermentar)	Satir & Guzel-Seydim (2015)
20	25	65.48 mg GAE/g	3.24	10.96%	4.29-8.04 mg ET/100 mL	SD	SD	Yilmaz-Ersan et al. (2016)
24	25	64.18 y 80.89 mg GAE/100 mL	6.25	11.05 mg ET/100 mL	7.19 mg ET/100 mL	SD	SD	Yilmaz-Ersan et al. (2018)
24	25	785.54 $\pm$ 3.93 μ g/mL GAE	6818.75 $\pm$ 277.17 μ M/mL AAE	SD	SD	808.33 $\pm$ 39.18 μ g/mL EQ	SD	Yirmibeşoğlu et al. (2020)
22	25	SD	28.67 $\pm$ 0.31	SD	SD	SD	K1 > K2, K3, K4 y K5	Shi et al. (2018)
20	25	65.00-73.15 mg GAE/100 mL	4.15 $\pm$ 0.17 a 5.28 $\pm$ 0.21	12-24 mg TE/100 mL	7.5-9.5 μ M Fe+2/mL	SD	Vaca > Cabra	Baniasadi et al. (2021)
20	25	58.31-73.50 mg GAE/100 mL	4.48 $\pm$ 0.21 a 5.44 $\pm$ 0.20	12-24 mg TE/100 mL	9.5 μ M Fe+2/mL	SD	Vaca > Cabra	Baniasadi et al. (2021)
0,4 y 8	25	SD	SD	37.6 $\pm$ 3.6%	SD	SD	Cabra > Vaca	Altamirano-Carranza et al. (2022)
0,4 y 8	25	SD	SD	32.1 $\pm$ 0.5%	SD	SD	Cabra > Vaca	Altamirano-Carranza et al. (2022)
24	Temp. Ambiente	204.0 $\pm$ 4.5 μ g GAE/mL	SD	74.1 $\pm$ 0.6 μ g/mL DMSO	112.5 $\pm$ 3.0 μ M/mL	SD	Cabra > Vaca	La Torre et al. (2024)

Tiempo (h)	Temp (°C)	CTF (Fenoles)	DPPH (%)	ABTS	FRAP	CTF Flavonoides	Resultado (I vs C)	Referencia
24	Temp. Ambiente	172.5 ± 2.0 µg GAE/mL	SD	76.2 ± 0.5 µg/mL DMSO	108.64 ± 0.64 µM/mL	SD	Cabra > Vaca	La Torre et al. (2024)

SD = Sin datos, GAE = Ácido Gálico Equivalente, AAE = Ácido Ascórbico Equivalente, EQ = Equivalentes de quercetina, ET = Equivalentes de Trolox

Actividad antioxidante: ensayo DPPH

El ensayo DPPH (Tabla 3) fue reportado en un menor número de estudios en comparación con ABTS. Baniasadi et al. (2021) encontraron valores para kéfir de vaca de 4.15 ± 0.17 a $5.28 \pm 0.21\%$ y para kéfir de cabra de 4.48 ± 0.21 a $5.44 \pm 0.20\%$ durante el período de almacenamiento, con valores ligeramente superiores en el kéfir caprino y coincidencia entre los rangos reportados. Yilmaz-Ersan et al. (2016) obtuvieron un valor de 3.24% para kéfir de cabra a las 20 h de fermentación, mientras que Yilmaz-Ersan et al. (2018) reportaron un valor de 6.25% para kéfir de vaca elaborado con cultivo de gránulos; sin embargo, estos valores no son directamente comparables entre sí, dado que el segundo estudio no incluyó leche de cabra en su diseño original —comparó kéfir de leche de vaca con kéfir de leche de oveja—, por lo que su valor de vaca se incorpora únicamente como evidencia descriptiva independiente. Shi et al. (2018) evaluaron la actividad DPPH de kéfir de leche de cabra descremada elaborado con cinco cepas distintas de gránulos (K1 a K5); el grano K1 presentó el mayor valor ($28.67 \pm 0.31\%$), lo cual subraya la influencia de la composición microbiana del cultivo iniciador, independientemente del tipo de leche.

Actividad antioxidante: ensayo FRAP

El ensayo FRAP (Tabla 3) fue reportado en cuatro estudios. Baniasadi et al. (2021) reportaron valores aproximados (leídos de representación gráfica, ya que el artículo original no presenta una tabla numérica para este desenlace) de $7.5 \mu\text{M Fe}^{+2}/\text{mL}$ para kéfir de vaca y $9.5 \mu\text{M Fe}^{+2}/\text{mL}$ para kéfir de cabra, con un poder reductor aparentemente mayor en el kéfir caprino. La Torre et al. (2024) reportaron un valor de $108.64 \pm 0.64 \mu\text{M/mL FeSO}_4$ para kéfir de cabra; el estudio no publicó un valor numérico exacto para kéfir de vaca, indicando únicamente que el poder reductor se duplicó respecto al valor basal tras la fermentación. Yilmaz-Ersan et al. (2016) reportaron un rango de FRAP de 4.29 a 8.04 mg TE/100 mL para kéfir de cabra a lo largo de 20 h de fermentación, mientras que Yilmaz-Ersan et al. (2018) reportaron un valor de 7.19 mg TE/100 mL para kéfir de vaca elaborado con cultivo de gránulos (día 1 de almacenamiento); no obstante, este último estudio no incluyó leche de cabra en su diseño original, comparó kéfir de leche de vaca con kéfir de leche de oveja, por lo que su valor del kéfir de vaca se incorpora a esta síntesis únicamente como evidencia descriptiva independiente.

Contenido fenólico total (CFT)

El CFT (Tabla 3) fue el parámetro con mayor heterogeneidad entre los estudios, tanto en valores como en unidades de reporte. Baniasadi et al. (2021) reportaron valores de 65.00 a 73.15 mg GAE/100 mL para kéfir bovino y de 58.31 a 73.50 mg GAE/100 mL para kéfir caprino; el estudio original presenta estos datos dentro de un ordenamiento general (oveja > vaca > camello > cabra) asociado a significancia estadística ($p < 0.05$), por lo que no puede descartarse una diferencia significativa entre ambas especies, aunque el texto no aísla explícitamente el contraste vaca-cabra. Satir y Guzel-Seydim (2015) encontraron los valores más elevados, expresados en mg GAE/L: el kéfir de leche de cabra varió de 516.03 a 1,359.32 mg GAE/L, con diferencias significativas entre

razas (Hair > Saanen, $p < 0.05$). Como referencia, la leche de vaca (Holstein) sin fermentar presentó un valor de 266.62 mg GAE/L; el estudio original no reporta un valor numérico explícito en texto para el kéfir de vaca fermentado, por lo que esta cifra debe interpretarse como una referencia basal y no como una comparación directa kéfir-kéfir. La Torre et al. (2024) reportaron los mayores incrementos porcentuales de CFT tras la fermentación en búfala, camello y oveja (46-54% respecto al valor basal); el estudio no proporciona en el texto un valor numérico específico para el kéfir de cabra o de vaca tras la fermentación.

Contenido total de flavonoides (CTF)

El CTF fue el desenlace con menor cobertura de los estudios incluidos. No compararon directamente kéfir de leche de cabra vs. kéfir de leche de vaca para datos de CTF. El único estudio que reportó este desenlace fue Yirmibeşoğlu y Tefon Öztürk (2020), quienes obtuvieron un valor de $808.33 \pm 39.18 \mu\text{g/mL}$ equivalentes de quercetina (QE) en kéfir de leche de vaca, aunque el comparador fue leche de burra y no leche de cabra. Por lo tanto, estos datos se reportan como referencia descriptiva del kéfir bovino y no permiten establecer una comparación directa con el kéfir caprino para este desenlace. La ausencia de estudios que reporten CTF, simultáneamente en kéfir de cabra y de vaca, constituye una limitación importante de la evidencia disponible e identifica una brecha de conocimiento relevante para futuras investigaciones.

Discusión

En cuatro de los estudios se realizó una comparación directa entre ambas matrices (Altamirano-Carranza et al., 2022; Baniyadi et al., 2021; La Torre et al., 2024; Satir & Guzel-Seydim, 2015), lo que otorga cierto grado de consistencia a los hallazgos, a pesar de la heterogeneidad metodológica identificada. Sin embargo, la magnitud de las diferencias observadas varía de forma considerable entre estudios, y en algunos casos los rangos de valores se traslapan entre ambos tipos de leche; más aún, uno de estos cuatro estudios (Baniyadi et al., 2021) mostró una tendencia en dirección opuesta en el ensayo ABTS, con valores superiores para el kéfir bovino. Esto impide afirmar de manera categórica la superioridad antioxidante del kéfir caprino frente al kéfir bovino en todos los contextos de producción.

Factores de composición

La tendencia hacia una mayor actividad antioxidante observada en algunos estudios de kéfir de leche de cabra podría explicarse, al menos parcialmente, por diferencias en la composición proteica y lipídica entre ambos tipos de leche. Se ha propuesto que aminoácidos aromáticos (tirosina, triptófano) y azufrados (cisteína) presentan reconocida actividad antirradical, mientras que aminoácidos básicos como la lisina contribuyen a la actividad quelante de metales (Ozcan et al., 2018; Yilmaz-Ersan et al., 2016); sin embargo, esta caracterización proviene de un estudio realizado en kéfir de leche de búfala, no de leche de cabra, por lo que su aplicabilidad al perfil de la leche caprina debe interpretarse con cautela. Durante la fermentación con gránulos de kéfir, la actividad proteolítica de los microorganismos hidroliza las proteínas lácteas principalmente caseínas y proteínas del suero, liberando oligopéptidos y aminoácidos libres con grupos funcionales antioxidantes expuestos. La actividad quelante de iones metálicos por parte de histidina y de los grupos amino y carboxilo de aminoácidos ácidos y básicos, junto con la capacidad donadora de hidrógeno de aminoácidos aromáticos y azufrados, constituyen mecanismos bioquímicos generales que podrían participar en este proceso. En este sentido, la tasa de proteólisis y la composición del perfil peptídico parecen ser determinantes en la actividad antioxidante final del producto, aunque no de forma exclusiva ni independiente del tipo de leche utilizada. Baniyadi et al. (2021) encontraron que el kéfir de

leche de oveja y de camella presentó mayor actividad antioxidante que el de cabra y vaca, y que, dentro de esta última comparación, el kéfir bovino superó al caprino en el ensayo ABTS. Los autores atribuyeron parte de esta variación al contenido proteico de la leche sustrato (oveja 5.41%, camello 3.12%, cabra 3.10%, vaca 3.4%); sin embargo, el hecho de que el camello, con menor contenido proteico que la vaca, presentara mayor actividad antioxidante sugiere que el contenido proteico total no es, por sí solo, un predictor suficiente, y que la composición cualitativa del perfil de aminoácidos y péptidos liberados durante la fermentación podría tener un peso comparable o mayor que la cantidad total de proteína. Este hallazgo, con la tendencia observada en otros estudios incluidos, subraya que la relación entre composición de la leche y capacidad antioxidante del kéfir no es uniforme entre especies ni generalizable a partir de un solo mecanismo.

Influencia del cultivo iniciador y condiciones de fermentación

Todos los estudios reportaron el uso de gránulos de kéfir como cultivo iniciador; sin embargo, Yilmaz-Ersan et al. (2018) evaluaron adicionalmente un cultivo comercial en paralelo y encontraron que el tipo de cultivo iniciador (gránulos vs. comercial) fue un parámetro significativo para la actividad antioxidante, junto con el tipo de leche, esto indica que este factor sí introduce variabilidad relevante entre los estudios incluidos, en lugar de limitarla. De manera consistente con esto, Shi et al. (2018) demostraron que, incluso dentro de un mismo tipo de leche de cabra descremada, la composición microbiana específica de los gránulos fue determinante en la actividad antioxidante final: los gránulos K1 produjeron valores de DPPH superiores a los obtenidos con K2, K3, K4 y K5. La diversidad microbiana de los gránulos naturales, que incluye múltiples cepas de bacterias ácido lácticas, ácido acéticas y levaduras, podría explicar una mayor actividad enzimática y un perfil de metabolitos secundarios más complejo en comparación con los cultivos comerciales estandarizados, aunque esta explicación debe tomarse como hipótesis general más que como hallazgo específico de los estudios incluidos.

Las investigaciones reportaron tiempos de fermentación de 20 a 24 horas y temperaturas de 24 a 25 °C, con excepción de La Torre et al. (2024), que fermentó a temperatura ambiente; estas condiciones relativamente similares aunque no completamente homogéneas favorecen en cierta medida la comparabilidad de los resultados. Yilmaz-Ersan et al. (2016) reportaron que, en el kéfir de cabra, los valores de ABTS, DPPH y FRAP alcanzaron su punto máximo entre las 8 y 12 horas de fermentación, y disminuyeron posteriormente hacia el final del período de incubación (20 h), sin observarse un aumento progresivo sostenido. Esto sugiere que el tiempo óptimo de fermentación para maximizar el potencial antioxidante podría situarse en una etapa intermedia del proceso, más que al final, lo cual constituye un hallazgo relevante para la estandarización de protocolos de producción.

El CFT en la fermentación y almacenamiento

La variabilidad en los valores de CFT fue amplia entre los estudios, desde 58.31 mg GAE/100 mL hasta 1,359.32 mg GAE/L valores expresados en unidades distintas y, por tanto, no directamente comparables entre sí, lo cual refleja diferencias metodológicas en la cuantificación, las unidades de reporte y los momentos de medición, más que necesariamente diferencias biológicas reales entre las muestras. Esta variabilidad es inherente a las revisiones en el área de alimentos funcionales y refuerza la necesidad de estandarización metodológica para futuras investigaciones. Yilmaz-Ersan et al. (2016) observaron una disminución significativa del contenido fenólico durante la fermentación del kéfir de cabra, atribuida a la degradación microbiana de estructuras fenólicas, posiblemente como estrategia de destoxificación antimicrobiana por parte de levaduras y bacterias.

En contraste, durante el almacenamiento refrigerado el CFT se incrementó, alcanzando su valor máximo en el día 14. Un patrón bifásico similar disminución durante la fermentación y aumento durante el almacenamiento, con actividad metabólica y enzimática continua de los microorganismos como posible explicación fue reportado por Ozcan et al. (2018) en kéfir de leche de búfala, lo que sugiere que este comportamiento podría no ser exclusivo del sustrato caprino. Este patrón constituye información relevante para el diseño de condiciones de producción y de vida de anaquel del producto.

Limitaciones de la revisión y la evidencia disponible

La principal limitación de esta revisión es la ausencia de evaluación formal del riesgo de sesgo de los estudios incluidos, lo cual impide ponderar la calidad metodológica relativa de cada estudio en la síntesis de resultados. Adicionalmente, la heterogeneidad en las unidades de medición de los desenlaces, especialmente ABTS y CFT, impidió la realización de un metaanálisis cuantitativo, reduciendo la síntesis a un nivel narrativo. Una limitación estructural adicional es que, de los ocho estudios incluidos, dos de ellos (Yilmaz-Ersan et al., 2018; Yirmibeşoğlu & Tefon Öztürk, 2020) no incluyeron leche de cabra en su diseño original comparando kéfir de leche de vaca con kéfir de leche de oveja y de burra, respectivamente, por lo que solo aportaron evidencia descriptiva independiente de kéfir bovino, sin permitir una comparación directa cabra-vaca. En algunos casos, además, los valores numéricos de ciertos desenlaces (por ejemplo, FRAP en Baniasadi et al., 2021) solo estaban disponibles en representación gráfica en las fuentes originales, esto limitó la precisión de su extracción para esta síntesis. La mayoría de los estudios incluidos provinieron de Asia (Turquía, Irán, China) y uno de Europa (Italia), con representación latinoamericana limitada a un solo estudio (México), lo que limita la comparación de resultados a sistemas de producción caprina con características raciales y de manejo similares a los de estas regiones. La ausencia de estudios que reporten CTF en comparaciones directas entre leche de cabra y de vaca constituye una brecha de conocimiento adicional que debe abordarse en investigaciones futuras. Finalmente, la búsqueda no incluyó literatura gris (conjunto de documentos que no son publicados en los canales editoriales convencionales, como revistas científicas o libros) (Green & Higgins, 2011) ni realizó rastreo de referencias en los artículos incluidos, esto pudo haber omitido estudios relevantes no indexados en las bases de datos consultadas.

Implicaciones para futuras investigaciones

Esta revisión identificó áreas y vacíos para futuras investigaciones. La necesidad más prioritaria es la realización de estudios que evalúen simultáneamente y bajo condiciones experimentales idénticas el kéfir de leche de cabra y de vaca, midiendo todos los desenlaces definidos en el PICOS (DPPH, ABTS, FRAP, CFT y CTF) con unidades de medición estandarizadas. Esta necesidad se sustenta directamente en un hallazgo de la presente revisión: de los 8 estudios incluidos, 2 no incorporaron leche de cabra en su diseño original, limitándose a comparar kéfir de vaca con el de otras especies (oveja y burra), esto redujo la evidencia con comparación directa cabra-vaca a solo la mitad de los estudios disponibles. Asimismo, se recomienda que los estudios primarios reporten con claridad la especie, raza y unidades de medición utilizadas, dado que la presente revisión identificó dificultades de extracción de datos asociadas a reportes ambiguos en algunas de las fuentes consultadas. La influencia de la raza del animal productor sobre la composición de la leche y la actividad antioxidante del kéfir resultante es, además, un factor poco explorado; Satir y Guzel-Seydim (2015) comenzaron a documentarlo para las razas Hair y Saanen, aunque se requieren más estudios sistemáticos al respecto. Finalmente, es recomendable realizar estudios *in vivo* que evalúen los compuestos antioxidantes del kéfir caprino en modelos animales, con el fin de

validar la relevancia fisiológica de las diferencias observadas *in vitro*.

CONCLUSIONES

Se identificó una tendencia sugerente, aunque no concluyente, hacia una mayor actividad antioxidante en el kéfir elaborado con leche de cabra en comparación con el de leche de vaca. Esta tendencia fue más consistente en el ensayo ABTS, mientras que la evidencia para FRAP y CFT resultó más limitada y heterogénea, sin permitir conclusiones firmes para estos desenlaces. Las diferencias observadas podrían estar relacionadas con la composición proteica y lipídica de la leche de cabra, que durante la fermentación favorecería la liberación de péptidos bioactivos y aminoácidos con propiedades antirradicales; sin embargo, dicha explicación debe interpretarse como hipotética. Para que futuras revisiones sistemáticas se pueda presentar una conclusión más sólida, se requieren estudios primarios que comparen kéfir de leche de cabra y de vaca dentro de un mismo diseño experimental, con rigor metodológico, mediciones estandarizadas y reporte claro de especie, unidades y condiciones de fermentación.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron de igual manera en la concepción o diseño del trabajo, redacción, revisión crítica y final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Altamirano-Carranza, A. S., Tejeda-Mansir, A., Noriega-Rodríguez, J. A., Del Toro Sánchez, C. L., & Rodríguez-Figuero, J. (2022). Effect of substrates on the kefir grain biomass production and antioxidant activity. *Biotechnia*, 24(1), 157-163. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i1.1614>
- Baniasadi, M., Azizkhani, M., Saris, P. E. J., & Tooryan, F. (2021). Comparative antioxidant potential of kefir and yogurt of bovine and non-bovine origins. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1307-1316. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05139-9>
- Bourrie, B. C. T., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016). The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Frontiers in Microbiology*, 7, 647. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647>
- Clark, S., & Mora García, M. B. (2017). A 100-year review: advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10026-10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
- Dessi, D., Casula, L., Fais, G., Pittiu, A., Schlich, M., Sinico, C., Lai, F., & Sarais, G. (2026). Improving fermented milk antioxidant properties by functional enrichment with Vitis Vinifera leaf extract cv Monica loaded in nanovesicles. *Food Chemistry*, 503, 147786. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.147786>
- Green, S., & Higgins, J. P. T. (2011). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Cochrane Collaboration.
- Hooijmans, C. R., Rovers, M. M., de Vries, R. B., Leenaars, M., Ritskes-Hoitinga, M., & Langendam, M. W. (2014). SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Medical Research Methodology*, 14(1), 43. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-43>
- La Torre, C., Caputo, P., Cione, E., & Fazio, A. (2024). Comparing nutritional values and bioactivity of kefir from different types of animal milk. *Molecules*, 29(11). <https://doi.org/10.3390/>

molecules29112710

- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Ozcan, T., Sahin, S., Akpinar-Bayizit, A., & Yilmaz-Ersan, L. (2018). Assessment of antioxidant capacity by method comparison and amino acid characterization in buffalo milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 65-73. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12560>
- Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C., Castro, G. R., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2015). Milk kefir: composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1177. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>
- Satir, G., & Guzel-Seydim, Z. B. (2015). Influence of Kefir fermentation on the bioactive substances of different breed goat milks. *LWT—Food Science and Technology*, 63(2), 852-858. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.057>
- Shi, X., Chen, H., Li, Y., Huang, J., & He, Y. (2018). Effects of kefir grains on fermentation and bioactivity of goat milk. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 22(1), 43-50. <https://doi.org/10.2478/auft-2018-0005>
- Tran, L., Tam, D. N. H., Elshafay, A., Dang, T., Hirayama, K., & Huy, N. T. (2021). Quality assessment tools used in systematic reviews of in vitro studies: a systematic review. *BMC Medical Research Methodology*, 21(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12874-021-01295-w>
- Uzkuç, H., Sarıtaş, S., Çelebi Uzkuç, N. M., Karagül Yüceer, Y., & Esatbeyoglu, T. (2026). Comparison of in vitro antioxidant activities of kefir, yogurt, and cheese produced from goat milk. *Food Chemistry: X*, 33, 103394. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103394>
- Wang, W., Zhang, X., Wei, H., Wang, S., Ye, Y., He, L., Zhang, K., Lu, Y., Zhang, Z., & Huang, Y. (2024). Effects of feeding systems on the growth performance, carcass characteristics, and meat quality in sheep: a meta-analysis. *Animals*, 14(18), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ani14182738>
- Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A., & Sahin, S. (2016). The antioxidative capacity of kefir produced from goat milk. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(1), 22-26. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2016.v7.535>
- Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A., & Sahin, S. (2018). Comparison of antioxidant capacity of cow and ewe milk kefirs. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3788-3798. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13871>
- Yirmibeşoğlu, S. S. S., & Tefon Öztürk, B. E. (2020). Comparing microbiological profiles, bioactivities, and physicochemical and sensory properties of donkey milk kefir and cow milk kefir. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44(4), 774-781. <https://doi.org/10.3906/vet-2001-82>

Calidad de semen en ovinos: una revisión

Semen quality on ram: a review

José Alejandro Islas-Sotelo^{1*}, Gerardo Noé Rosales-Martínez¹, Libia Ivonne Pérez-Torres¹

RESUMEN

La calidad espermática es un componente esencial de la eficiencia reproductiva en los ovinos y es un parámetro clave en la aplicación de biotecnologías como la inseminación artificial y la criopreservación. El volumen, concentración, motilidad, morfología y vitalidad espermática son parámetros seminales que se ven afectados por el estrés térmico, la nutrición y el manejo reproductivo. El calor excesivo provoca disminución en la espermatogénesis, reducción de la motilidad, concentración y un aumento de anomalías morfológicas acompañados de muerte celular. El frío intenso causa daño estructural y pérdida de la viabilidad por cristalización intracelular. Asimismo, factores como la edad, raza y nutrición modulan la calidad seminal, en la que los antioxidantes actúan como elementos protectores frente al estrés oxidativo. La criopreservación está limitada por la baja tolerancia de los espermatozoides al frío, la toxicidad de algunos crioprotectores y las patologías del aparato reproductor. En conjunto, estos factores ambientales, fisiológicos y patológicos permiten establecer estrategias de manejo y conservación para optimizar la fertilidad en ovinos.

Palabras clave: calidad seminal, carnero, criopreservación, estrés térmico, ovinos

ABSTRACT

Sperm quality is an essential component of reproductive efficiency in sheep and constitutes a key parameter in the application of biotechnologies such as artificial insemination and cryopreservation. Sperm volume, concentration, motility, morphology, and viability are seminal parameters that are affected by heat stress, nutrition, and reproductive management. Excessive heat causes a decrease in spermatogenesis, reduced sperm motility and concentration, and an increase in morphological abnormalities accompanied by cell death. Intense cold causes structural damage and loss of viability due to intracellular crystallization. Additionally, factors such as age, breed, and nutrition modulate semen quality, with antioxidants acting as protective elements against oxidative stress. Cryopreservation is limited by the low tolerance of sperm to cold, the toxicity of some cryoprotectants and underlying pathologies of the reproductive system. Understanding these, environmental, physiological, and pathological factors allow the establishment of management and conservation strategies to optimize fertility in sheep.

Keywords: semen quality, ram, cryopreservation, heat stress, sheep

*Autor para correspondencia: jose_10alex@hotmail.com

Fecha de aceptación: 13 de julio de 2026

Fecha de recepción: 5 de junio de 2026

Fecha de publicación: 15 de julio de 2026

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La calidad espermática es esencial para la eficiencia reproductiva en la producción ovina. Esta se encuentra regida por varios parámetros entrelazados que, en conjunto, determinan la capacidad fecundante de un semental. La evaluación de un eyaculado depende de variables como la motilidad, morfología, concentración y vitalidad de los espermatozoides (Bartlewski et al., 2011; Cownie, 1999). Estos parámetros son importantes, tanto para la reproducción dentro del rebaño, como para la aplicación de biotecnologías reproductivas, entre ellas, la inseminación artificial y la criopreservación. Al realizar una comparación con los promedios establecidos, se puede comprobar el nivel de eficiencia reproductiva de la raza, la zona específica o el tipo de biotecnología implementada en el rebaño (Aitken, 2006). Los principales factores que afectan la calidad del semen en ovinos son la raza, edad del animal, nutrición, estrés térmico, manejo reproductivo y la presencia de patologías o alteraciones en el aparato reproductivo (David et al., 2008). Por lo tanto, el objetivo de esta revisión fue analizar los factores involucrados en la calidad espermática de ovinos.

DESARROLLO DEL TEMA

Aparato reproductor

El aparato reproductor del macho ovino está constituido por los testículos, epidídimo, conductos deferentes, glándulas sexuales accesorias, uretra, pene, prepucio y escroto; dichas estructuras trabajan de manera coordinada para la producción, maduración, transporte y deposición de los espermatozoides durante la copula (Cruz-Espinoza et al., 2021)

Los testículos son el aparato reproductivo principal, el cual cumple doble función, producción de espermatozoides y la síntesis de hormonas, principalmente testosterona; la espermatogénesis ocurre en los túbulos seminíferos, donde las células germinales atraviesan una serie de divisiones celulares hasta la diferenciación en espermatozoide maduro, durante este proceso, las células de Sertoli proporcionan soporte estructural, nutrición y regulando las células germinales (Dovenski et al., 2022). Los testículos se localizan dentro del escroto, estructura que desempeña su función en la regulación de la temperatura testicular, en el ovino macho, la espermatogénesis requiere una temperatura entre 2-6 °C inferior a la temperatura corporal (Van de Hoek et al., 2022).

El epidídimo es un conducto dividido en cabeza, cuerpo y cola, durante el paso de los espermatozoides en el epidídimo estos adquieren motilidad progresiva y capacidad fecundante, y la cola del epidídimo constituye el principal sitio de almacenamiento de los espermatozoides maduros hasta el momento de la eyaculación (Cruz-Espinoza et al., 2021).

Posteriormente los espermatozoides son transportados, de los conductos deferentes hacia la uretra, durante la eyaculación, cuyo trayecto libera secreciones producidas por las glándulas sexuales accesorias (glándulas vesiculares, la próstata y las glándulas bulbouretrales) formando el plasma seminal proporcionando nutrientes, antioxidantes, proteínas y medio adecuado para la supervivencia, protección y transporte de los espermatozoides (Van de Hoek et al., 2022).

El pene del macho ovino es de tipo fibroelástico y presenta una flexura sigmoidea que permanece extendida durante la erección, donde el prepucio protege al pene de lesiones y contaminación ambiental (Dovenski et al., 2022).

Espermatogénesis en ovinos

La espermatogénesis es el proceso biológico mediante el cual las células germinales masculinas se diferencian en espermatozoides funcionales dentro de los túbulos seminíferos de los testículos, en los machos ovinos, este proceso es continuo a partir de la pubertad (Jiménez-Rabadán et al., 2016). La regulación de la espermatogénesis depende del eje hipotálamo-hipófisis-gónada, el hipotálamo secreta hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual estimula la adenohipófisis para liberar hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) (Van de Hoek et al., 2022). La LH actúa sobre las células de Leydig promoviendo la síntesis de testosterona, mientras que la FSH estimula la actividad de las células de Sertoli, responsables de proporcionar soporte estructural, nutricional y regulador a las células germinales. La acción conjunta de la testosterona y la FSH es indispensable para mantener la proliferación, diferenciación y maduración de las células espermatogénicas (Griswold, 2015).

La espermatogénesis comprende tres fases principales: proliferación o fase espermatogonial, meiosis y espermiogénesis: Durante la fase proliferativa, las espermatogonias experimentan sucesivas divisiones mitóticas que permiten mantener la población de células madre y generar espermatoцитos primarios (Jiménez-Rabadán et al., 2016). Posteriormente, en la fase meiótica, los espermatoцитos primarios atraviesan dos divisiones celulares consecutivas que reducen el número cromosómico de diploide a haploide, originando espermátidas redondas genéticamente distintas (Van-Wettere et al., 2021). Finalmente, durante la espermiogénesis, las espermátidas sufren una serie de cambios morfológicos y bioquímicos que incluyen la condensación del núcleo, formación del acrosoma, desarrollo del flagelo, reorganización mitocondrial y eliminación del citoplasma residual, dando lugar a espermatozoides estructuralmente maduros (Griswold, 2015).

La duración total de la espermatogénesis es de aproximadamente 47 a 49 días, a los cuales deben añadirse entre 10 y 14 días correspondientes al tránsito y maduración de los espermatozoides en el epidídimo antes de ser eyaculados, en consecuencia, un espermatozoide requiere alrededor de 60 días desde el inicio de su formación hasta adquirir capacidad fecundante (Ahmadi et al., 2020). La espermatogénesis es un proceso altamente sensible al equilibrio fisiológico del organismo, afectado por la temperatura testicular, el estado nutricional, el ambiente endocrino y el control del estrés oxidativos (Wang et al., 2025).

Factores que afectan la calidad del semen

La producción espermática es un proceso biológico sensible múltiples de factores intrínsecos y extrínsecos, cuya interacción puede potenciar o comprometer la calidad del eyaculado en ovinos. Entre los factores intrínsecos, la raza determina diferentes variaciones significativas aun dentro de la misma especie. El parámetro más variable es el volumen por eyaculado, el cual tiende a ser mayor en razas cárnicas que las razas de lana (Carrascal-Triana et al., 2022). Respecto a la edad, los carneros jóvenes (< 1 año) tienen mayor cantidad de espermatozoides inmaduros, mientras que sementales seniles pueden presentar declive en la cantidad y calidad de espermatozoides (Carrascal-Triana et al., 2022).

Dentro de los factores extrínsecos, la nutrición es uno de los elementos que puede controlarse ampliamente mediante la implementación de dietas variadas, la adición de aditivos, vitaminas y minerales. Vitaminas como la E y C, o minerales como el Selenio y Zinc están directamente relacionados con la calidad de los espermatozoides, ya que disminuyen el impacto del estrés oxidativo (Ruiz et al., 2015). El estrés térmico es un factor crítico debido a que los testículos ovinos

son extremadamente sensibles al calor. Las temperaturas extremas suprimen la espermatogénesis y aumentan tanto la tasa como la concentración de anomalías morfológicas (Sadeghi et al., 2020). Esta es una de las principales preocupaciones para los productores de ovinos, ya que las condiciones climáticas causantes del estrés son muy difíciles de controlar y están expuestos a cambios sin anticipación.

El manejo reproductivo de los sementales debe planificarse adecuadamente para evitar su sobreutilización. La implementación de un calendario de colecta de semen permite mantener las reservas espermáticas, favoreciendo la obtención de eyaculados con un volumen y una concentración adecuados. Esta práctica contribuye a conservar la calidad seminal y a prolongar la vida reproductiva del semental (Jiménez-Rabadán et al., 2016).

El estrés oxidativo afecta los espermatozoides ovinos, los cuales son altamente susceptibles a los radicales libres debido a que contienen, altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados en sus membranas. Ciertas especies reactivas de oxígeno (ROS), en niveles bajos, participan en la capacitación espermática; sin embargo, en exceso causan peroxidación lipídica y dañan el ADN, lo que, en consecuencia, reduce la motilidad (Wang et al., 2025).

Los antioxidantes como la vitamina E, C, glutatión, catalasa y enzimas antioxidantes presentes en el plasma seminal son esenciales para contrarrestar los ROS. En producción *in vitro* se han realizado pruebas con antioxidantes en diluyentes posterior a la colecta seminal con el objetivo de mejorar la calidad después de la descongelación (Wang et al., 2025).

Relación entre la temperatura y los parámetros espermáticos en ovinos

Los parámetros seminales constituyen indicadores fundamentales para evaluar la calidad del semen y el potencial reproductivo de los sementales. Su análisis se basa en la comparación de los valores obtenidos con los rangos de referencia establecidos para la especie, lo que permite clasificar la calidad seminal como adecuada, aceptable o deficiente. Asimismo, la evaluación de estos parámetros facilita la identificación de alteraciones relacionadas con la espermatogénesis, la maduración espermática en el epidídimo o la composición del plasma seminal, proporcionando información valiosa sobre el estado funcional del aparato reproductor masculino (Tsakmakidis, 2010).

La crianza de ovinos, en regiones cálidas, puede influir en el volumen de eyaculado, en función de la raza. Aquellas con menor adaptación presentan una mayor susceptibilidad a los efectos del estrés térmico lo que afecta negativamente la calidad seminal. El volumen se ve comprometido por la disminución de la actividad secretora de las glándulas accesorias y las alteraciones endocrinas asociadas a la hipertermia testicular (Barragán-Sierra et al., 2021).

La concentración espermática varía a lo largo del año, por ejemplo, esta es mayor durante las estaciones templadas o frías y baja en verano, cuando las temperaturas son más altas. Dicha reducción está relacionada con la exposición al calor. El aumento de la temperatura testicular altera el proceso de la espermatogénesis y modifica el ambiente necesario para la formación normal de los espermatozoides, en consecuencia, hay una menor cantidad de estos en el eyaculado (Marai et al., 2008; Van-Wettere et al., 2021).

La motilidad espermática se ve afectada negativamente por el calor. Al respecto, Wang et al. (2024),

reportaron que la exposición a altas temperaturas en ovinos generó un aumento de la temperatura corporal, elevación de cortisol y disminución de testosterona, lo que redujo el movimiento de los espermatozoides. Además, el estrés térmico alteró el microbioma y los metabolitos del rumen. De este modo, la disminución de la motilidad se debe tanto a los efectos directos sobre los testículos como a los cambios en el metabolismo y la función digestiva (Barragán Sierra et al., 2021).

El estrés térmico incrementa la temperatura testicular, esto provoca alteraciones estructurales en los espermatozoides y un aumento de las anomalías morfológicas. Ahmadi et al. 2020, reportaron que la exposición de espermatozoides epididimales de ovinos a 41 °C, durante 4 horas, provocó un aumento significativo de espermatozoides morfológicamente anormales. Estas anomalías fueron relacionadas con el daño oxidativo y la desorganización de la membrana plasmática, comprometiendo la estructura, funcionalidad y su potencial fecundante, también aceleran el metabolismo y causan daño celular, mientras que temperaturas muy bajas pueden generar estrés por frío y alterar la integridad de la membrana. Por ello, mantener el semen a una temperatura óptima (15 °C) favorece la preservación de la motilidad y funcionalidad espermática durante el almacenamiento líquido (Rizkallah et al., 2022). Los principales parámetros evaluados en el semen ovino se observan en la tabla 1.

■ Tabla 1. Parámetros seminales en ovinos y afectación en porcentajes en diferentes tipos de estrés térmicos.

Parámetro seminal	Rango o valor normal	Efecto del estrés por calor (> 30-35 °C)	Efecto del estrés por frío (< 10 °C)	Referencia(s)
Volumen del eyaculado	0.5-2 ml	Disminuye entre 10-30%.	Disminuye 5-15%.	Abril-Sánchez et al. (2019); Marai et al. (2008); Ahmadi et al. (2020)
Concentración espermática	2-5 ×10 ⁹ espermatozoides/ml.	Disminuye 20-50%.	Afectación leve.	Luo et al. (2019); Rizkallah et al. (2022); Marai et al. (2008)
Motilidad espermática	Evaluable con CASA.	Reducción de hasta 50%.	Pérdida 20-40%.	Tsakmakidis (2010); Arrebola et al. (2022); Van Wettere et al. (2021); Ahmadi et al. (2020)
Morfología espermática	< 15% de anomalías.	Incremento de anomalías entre 15–60%.	Induce anomalías leves.	Sadeghi et al. (2020); Wang et al. (2024)
Vitalidad espermática	> 70% de espermatozoides vivos.	Disminuye a 50–60%.	Pérdida de 15-25%.	Tsakmakidis (2010); Guo et al. (2024); Wang et al. (2024)

Volumen del eyaculado

El volumen va de 0.5 a 2 mL dependiendo de la edad, raza y el método de recolección. Aunque este parámetro por sí solo no determina la fertilidad, si influye directamente en la concentración total de espermatozoides por eyaculado, dependiendo de la metodología utilizada o prueba utilizada al semental (Abril-Sánchez et al., 2019).

En condiciones de estrés por calor, (> 30-35 °C), el volumen del eyaculado puede disminuir entre un 10 a 30%. Esto causado por la deshidratación, la cual que suprime la actividad secretora de las glándulas sexuales accesorias que contribuyen significativamente al plasma seminal. Cabe destacar

que, este efecto puede observarse varias semanas después de la supresión causada a las glándulas sexuales (Marai et al., 2008). El estrés causado por frío ($< 10^{\circ}\text{C}$) es menos drástico en el ovinos, sin embargo, el estrés metabólico provocado por frío intenso puede llevar a una disminución del 5-15% en el volumen (Ahmadi et al., 2020).

Concentración espermática

La concentración espermática promedio es de $2\text{-}5 \times 10^9$ espermatozoides/mL. Si esta concentración llega a ser demasiado baja puede comprometer el éxito de técnicas como la inseminación artificial, la efectividad de fecundación o la criopreservación de semen (Luo et al., 2019).

El estrés térmico testicular por calor altera la espermatogénesis y puede reducir la concentración espermática entre un 20 y 50%. Este efecto se presenta máximo siete semanas después del evento que causó el estrés (Rizkallah et al., 2022). Por otro lado, el estrés por frío es menos severo gracias a los mecanismos de termorregulación testicular, sin embargo, la exposición prolongada a bajas temperaturas puede afectar negativamente su salud (Marai et al., 2008).

Motilidad espermática

La motilidad es el parámetro más utilizado para indicar la viabilidad del espermatozoide y su capacidad de fecundación (Tsakmakidis, 2010), aunque este parámetro antes era muy subjetivo, actualmente, existen softwares como el CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis) para obtener una evaluación más precisa de dicho parámetro y obtener un valor exacto de la eficiencia del semental (Arrebola et al., 2022).

La motilidad total, en estrés por calor, puede verse afectada hasta un 50% en semen recolectado después de un estrés calórico. Este es causado, a nivel celular, por el daño mitocondrial y el incremento en el estrés oxidativo (Van Wettere et al., 2021). El estrés por frío ocurre cuando un enfriamiento demasiado rápido del semen diluido causa una pérdida inmediata de motilidad del 20-40%, en consecuencia, causa daño por la alteración de la membrana plasmática y la desestabilización del citoesqueleto del espermatozoide (Ahmadi et al., 2020).

Morfología espermática

Se refiere a la proporción de espermatozoides normales frente a aquellos que presentan alguna anomalía. Un eyaculado normal debe presentar menos del 15% de anomalías morfológicas, si se obtienen niveles más altos, es importante conocer la causa o retirar al semental debido a condiciones genéticas (Sadeghi et al., 2020).

En estrés por calor, el porcentaje de espermatozoides con defectos morfológicos, como gotas citoplasmáticas, cabezas piriformes y colas anómalas, puede incrementarse del 15-60%, dependiendo de la intensidad y duración del estrés (Wang et al., 2024). Por el contrario, en situaciones de estrés por frío también aparecen anomalías, pero su impacto es significativamente menor (Ahmadi et al., 2020).

Vitalidad

La vitalidad es el porcentaje de espermatozoides vivos en el eyaculado crudo, se obtiene mediante las tinciones de eosina-nigrosina. En esta técnica se tiñen los espermatozoides muertos, mientras que los vivos no lo hacen (Guo et al., 2024). Los valores en ovinos deben superar el 70% de espermatozoides vivos para ser un valor aceptable (Tsakmakidis, 2010).

El porcentaje de espermatozoides vivos, bajo estrés térmico, puede caer por debajo del 50-60% debido al incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) los cuales dañan de manera irreversible las membranas espermáticas (Wang et al., 2024). Por otro lado, un protocolo de enfriamiento inadecuado, antes de la criopreservación, puede resultar en una pérdida de vitalidad del 15-25% debido al shock térmico y la formación de cristales de hielo intracelulares que lisan las células (Huang et al., 2019).

Criopreservación del semen ovino

La criopreservación del semen ovino es una de las biotecnologías indispensables en los programas para la reproducción asistida, principalmente para la conservación de la genética deseada. Esta herramienta permite almacenar material genético de alto valor durante largos periodos de tiempo y su difusión rápida. A pesar de su importancia, la técnica, enfrenta desafíos considerables debido a la sensibilidad del semen ante el frío extremo (-195 °C) y los cambios osmóticos que ocurren durante el proceso de congelación y descongelación (Saha et al., 2022). Estos daños pueden ser bajos cuando se utilizan crioprotectores, medios que son capaces de minimizar la formación de cristales de hielo y proteger las estructuras celulares durante el descenso de temperatura. Entre los crioprotectores permeables tenemos el glicerol, etilenglicol y dimetilsulfóxido (DMSO), cada uno presenta distintas ventajas. El glicerol continúa siendo el más utilizado debido a su eficiencia y la capacidad de penetrar la membrana espermática (Luis et al., 2015). Sin embargo, estos agentes presentan limitaciones, entre ellos: el efecto tóxico a los espermatozoides, y efectos negativos en concentraciones elevadas, los cuales comprometen la vitalidad y motilidad de los espermatozoides durante el proceso de congelación y descongelación (Sabeti et al., 2016).

Las concentraciones reportadas, en los últimos años, oscilan entre 3 y 7%, siendo necesarias pruebas antes de incluir dicho porcentaje a un protocolo de congelación debido a que estos números pueden influir diferente entre razas ovinas, tipo de diluyente utilizado y la metodología utilizada (Saha et al., 2022). Por otra parte, los crioprotectores menos frecuentes como el etilenglicol y DMSO han tomado más importancia en los últimos años como alternativas para los métodos de criopreservación orientados en la mejora de la criotolerancia del semen ovino (Huang et al., 2019). El congelamiento de semen es esencial para la inseminación artificial en programas de mejoramiento genético, sin embargo, los espermatozoides de ovinos presentan baja tolerancia al frío (Saha et al., 2022).

Entre los crioprotectores más utilizados como glicerol, etilenglicol y dimetilsulfóxido (DMSO), el glicerol es el más común utilizado en ovinos. No obstante, presenta como desventaja su alta toxicidad, la cual varía según la raza y concentración empleada, por ello suele optar por dosis óptimas reportadas en la literatura para los diferentes métodos de criopreservación (Sabeti et al., 2016).

Patologías que afectan la eficiencia reproductiva en ovinos

La eficiencia reproductiva de los rebaños ovinos es fundamental para su rentabilidad en la producción. En este sentido la calidad del semen actúa como un factor clave que actúa como un indicador de la salud y el potencial de un semental (Abecia et al., 2012). Sin embargo, los parámetros pueden verse comprometido por una amplia diversidad de patologías que afectan directa o indirectamente los órganos reproductores, principalmente al proceso de espermatogénesis (Bartlewski et al., 2011). Las afecciones se pueden clasificar en patologías infecciosas y no infecciosas.

Patologías infecciosas

Las patologías infecciosas, donde están presentes bacterias como: *Brucella ovis*, *Actinobacillus seminis* o *Histophilus ovis* generadoras de enfermedades. Estas causan lesiones granulomatosas que obstruyen los ductos y alteran la maduración espermática (Carlos et al., 2007). El signo clínico más frecuente de la epididimitis infecciosa es el aumento de tamaño, generalmente unilateral, del epidídimo. Algunos animales infectados no presentan alteraciones testiculares detectables mediante palpación, por eso se recurren a pruebas serológicas y bacteriológicas para establecer un diagnóstico preciso (Wickramasingha et al., 2025).

La bacteria *Brucella ovis* se asocia a epididimitis en los carneros adultos que son utilizados como sementales, mientras que en los corderos esta condición se asocia a microorganismos como *Actinobacillus seminis* e *Histophilus ovis* (Wickramasingha et al., 2025). Las bacterias *A. seminis* e *H. ovis* se consideran parte de la microbiota permanente o transitoria de las mucosas del tracto reproductor de los corderos, ambas actúan como patógenos oportunistas. Son causantes de infecciones ascendentes en el epidídimo, testículos y órganos sexuales accesorios; sin embargo, los factores específicos que predisponen la infección aún no se han definido claramente (Moustacas et al., 2014). Las lesiones de las bacterias se observan en la tabla 2.

■ Tabla 2. Principales lesiones causadas en patologías infecciosas con su patógeno y consecuencias en la reproducción.

Bacteria	Principales lesiones	Consecuencias reproductivas	Referencia
<i>Brucella ovis</i>	Epididimitis, orquitis, fibrosis, abscesos y atrofia testicular.	Disminución de la calidad seminal e infertilidad	Poester et al. (2013); Olsen y Palmer (2014).
<i>Actinobacillus seminis</i>	Epididimitis supurativa, abscesos, orquitis y fibrosis.	Reducción de la producción y calidad espermática	Al-Katib y Dennis (2009); Moustacas et al. (2014).
<i>Histophilus ovis</i>	Epididimitis leve, inflamación focal y pequeños abscesos.	Disminución moderada de la fertilidad	Mouacas et al. (2014)

Patologías no infecciosas

Las patologías no infecciosas incluyen: la degeneración testicular, frecuentemente asociada a estados febriles prolongados, estrés calórico o deficiencias nutricionales severas, especialmente de vitamina A y selenio (Moradi et al., 2020). Estas impactan negativamente en el proceso de espermatogénesis con una disminución de concentración, viabilidad y la motilidad espermática, así como un aumento de las malformaciones (Luis et al., 2015).

CONCLUSIONES

La calidad del semen en ovinos está determinada por la interacción de factores biológicos y ambientales. El estrés térmico, por ejemplo, es un factor que compromete la viabilidad espermática y el potencial fecundante, por lo que es importante controlar los aspectos nutricionales y ambientales, así como la integración del uso de antioxidantes. Además, el manejo eficiente de la criopreservación y el control sanitario de enfermedades reproductivas son indispensables para el mantenimiento de los sementales y el éxito de programas genéticos ovinos.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización e Investigación: Islas-Sotelo J.A., Rosales-Martínez G.N. y Pérez Torres L.I.; Metodología: Islas-Sotelo J.A., y Pérez-Torres L.I.; Escritura: Islas-Sotelo J.A.; Revisión Rosales-Martínez G.N. y Pérez-Torres L.I. Estilo: Rosales-Martínez G.N.

REFERENCIAS

- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130(3-4), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Abril-Sánchez, S., Freitas-de-Melo, A., Giriboni, J., Santiago-Moreno, J., & Ungerfeld, R. (2019). Sperm collection by electroejaculation in small ruminants: A review on welfare problems and alternative techniques. *Animal Reproduction Science*, 205, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.03.023>
- Ahmadi, E., Tahmasebian-Ghahfarokhi, N., Nafar-Sefiddashti, M., Sadeghi-Sefiddashti, M., & Hassanpour, H. (2020). Impacts of in vitro thermal stress on ovine epididymal spermatozoa and the protective effect of β -mercaptoethanol as an antioxidant. *Veterinary Research Forum*, 11(1), 43-51. <https://doi.org/10.30466/vrf.2018.83527.2096>
- Aitken, R. J. (2006). Sperm function tests and fertility. *International Journal of Andrology*, 29(1), 69-75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00630.x>
- Al-Katib, W., & Dennis, S. (2009). Ovine genital actinobacillosis: A review. *New Zealand Veterinary Journal*, 57(6), 352-358. <https://doi.org/10.1080/00480169.2009.64722>
- Arrebola, F., Castillejo-Lacalle, E., Borjas-Muñoz, F., Querino-Santiago, F. J., Redondo-Cardador, F. C., & Abecia, J. (2022). Comparison of four strategies of ram management in a semen collection centre. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(S5), 103-105. <https://doi.org/10.1111/rda.14120>
- Barragán Sierra, A., Avendaño-Reyes, L., Hernández Rivera, J. A., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., & Macías-Cruz, U. (2021). Termorregulación y respuestas reproductivas de carneros bajo estrés por calor. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 910-931. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5624>
- Bartlewski, P. M., Baby, T. E., & Giffin, J. L. (2011). Reproductive cycles in sheep. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.024>
- Carlos, J., Parra, L., Moyano, J. C., Marini, P. R., & Fischman, M. L. (2019). Variación de la calidad seminal frente a una infección bacteriana sistémica en carneros Blackbelly. *Revista de Producción Animal*, 31(3). <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/92>
- Carrascal-Triana, E. L., Moya Romero, D. C., Herrera Perez, N., & Cañas Alvarez, J. J. (2022). Características seminales de ovinos bajo condiciones ambientales del Caribe Colombiano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(4), e21611. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i4.21611>
- Cognie, Y. (1999). State of the art in sheep-goat embryo transfer. *Theriogenology*, 51(1), 105-116. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00235-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00235-0)
- Cruz-Espinoza, F., Gallegos-Sánchez, J., Mendieta-Galán, T. A., Hernández, C. I. M., & Salazar-Ortiz, J. (2021). Reproductive management of the ram (*Ovis orientalis aries*). *Agro Productividad*, 5. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2101>
- David, I., Robert-Granié, C., Manfredi, E., Lagriffoul, G., & Bodin, L. (2008). Environmental and

- genetic variation factors of artificial insemination success in French dairy sheep. *Animal*, 2(7), 979-986. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002152>
- Dovenski, T., Trojancanec, P., Atanasov, B., Nikolovski, M., Petkov, V., Popovska-Percinic, F., Dovenska, M., Grizelj, J., & Vince, S. (2022). Novelties in ovine assisted reproductive technologies—a review. *Macedonian Veterinary Review*, 45(2), 109-125. <https://doi.org/10.2478/macvetrev-2022-0018>
- Griswold, M. D. (2015). Spermatogenesis: The commitment to meiosis. *Physiological Reviews*, 96(1), 1-17. <https://doi.org/10.1152/physrev.00013.2015>
- Guo, X., Xu, J., Zhao, Y., Wang, J., Fu, T., Richard, M. L., Sokol, H., Wang, M., Li, Y., Liu, Y., Wang, H., Wang, C., Wang, X., He, H., Wang, Y., Ma, B., & Peng, S. (2024). Melatonin alleviates heat stress-induced spermatogenesis dysfunction in male dairy goats by regulating arachidonic acid metabolism mediated by remodeling the gut microbiota. *Microbiome*, 12(1), 233. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01942-6>
- Holt, W. V., & Van Look, K. J. W. (2004). Concepts in sperm heterogeneity, sperm selection and sperm competition as biological foundations for laboratory tests of semen quality. *Reproduction*, 127(5), 527-535. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00134>
- Huang, Z., Gao, L., Hou, Y., Zhu, S., & Fu, X. (2019). Cryopreservation of farm animal gametes and embryos: recent updates and progress. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 6(1), 42. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018231>
- Jiménez-Rabadán, P., Soler, A. J., Ramón, M., García-Álvarez, O., Maroto-Morales, A., Iniesta-Cuerda, M., Fernández-Santos, M. R., Montoro, V., Pérez-Guzmán, M. D., & Garde, J. J. (2016). Influence of semen collection method on sperm cryoresistance in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 167, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.013>
- Luis, R. G., Rocío, S. M., & Alexei, S. A. (2015). Evaluation of ram sperm quality post-thawing by using two energy sources and two cryoprotectants. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(1), 49-56. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10942>
- Luo, J., Wang, W., & Sun, S. (2019). Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1284-1295. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0486>
- Marai, M., El-Darawany, I. F. M., Fadiel, A. A., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2008). Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(3), 209-234. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911235001>
- Moradi, M., Karimi, I., Ahmadi, S., & Mohammed, L. J. (2020). The necessity of antioxidant inclusion in caprine and ovine semen extenders: A systematic review complemented with computational insight. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(9), 1027-1043. <https://doi.org/10.1111/rda.13754>
- Moustacas, V. S., Silva, T. M. A., Costa, L. F., Carvalho Júnior, C. A., Santos, R. L., & Paixão, T. A. (2014). Clinical and pathological changes in rams experimentally infected with *Actinobacillus seminis* and *Histophilus somni*. *The Scientific World Journal*, 2014, 241452. <https://doi.org/10.1155/2014/241452>
- Olsen, S. C., & Palmer, M. V. (2014). Advancement of knowledge of Brucella over the past 50 years. *Veterinary Pathology*, 51(6), 1076-1089. <https://doi.org/10.1177/0300985814540545>
- Poester, F., Samartino, L., & Santos, R. (2013). Pathogenesis and pathobiology of brucellosis in livestock. *Revue Scientifique Et Technique de L OIE*, 32(1), 105-115. <https://doi.org/10.20506/rst.32.1.2193>
- Rizkallah, N., Chambers, C. G., de Graaf, S. P., & Rickard, J. P. (2022). Factors affecting the survival of ram spermatozoa during liquid storage and options for improvement. *Animals*, 12(3), 244. <https://doi.org/10.3390/ani12030244>
- Ruiz, G. L., Sandoval, M. R., & Santiani, A. A. (2015). Evaluación de la calidad espermática del

- semen ovino posdescongelación al emplear dos fuentes energéticas y dos crioprotectores. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(1), 49. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10942>
- Sabeti, P., Pourmasumi, S., Rahiminia, T., Akyash, F., & Talebi, A. R. (2016). Etiologies of sperm oxidative stress. *International Journal of Reproductive Biomedicine*, 14(4), 231-240.
- Sadeghi, S., Del Gallego, R., García-Colomer, B., Gómez, E. A., Yániz, J. L., Gosálvez, J., López-Fernández, C., & Silvestre, M. A. (2020a). Effect of sperm concentration and storage temperature on goat spermatozoa during liquid storage. *Biology*, 9(9), 300. <https://doi.org/10.3390/biology9090300>
- Sadeghi, S., Del Gallego, R., García-Colomer, B., Gómez, E. A., Yániz, J. L., Gosálvez, J., López-Fernández, C., & Silvestre, M. A. (2020b). Effect of sperm concentration and storage temperature on goat spermatozoa during liquid storage. *Biology*, 9(9), 300. <https://doi.org/10.3390/biology9090300>
- Saha, A., Asaduzzaman, M., & Bari, F. Y. (2022). Cryopreservation techniques for ram sperm. *Veterinary Medicine International*, 2022, 7378379. <https://doi.org/10.1155/2022/7378379>
- Tsakmakidis, I. A. (2010). Ram semen evaluation: Development and efficiency of modern techniques. *Small Ruminant Research*, 92(1-3), 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.04.017>
- Van de Hoek, M., Rickard, J. P., & De Graaf, S. P. (2022). Motility assessment of ram spermatozoa. *Biology*, 11(12), 1715. <https://doi.org/10.3390/biology11121715>
- van Wettere, W. H. E. J., Kind, K. L., Gatford, K. L., Swinbourne, A. M., Leu, S. T., Hayman, P. T., Kelly, J. M., Weaver, A. C., Kleemann, D. O., & Walker, S. K. (2021). Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00537-z>
- Wang, Q.-J., Yi, H.-M., Ou, J.-Y., Wang, R., Wang, M.-M., Wang, P.-H., He, X.-L., Tang, W.-H., Chen, J.-H., Yu, Y., Zhang, C.-P., Ren, C.-H., & Zhang, Z.-J. (2024). Environmental heat stress decreases sperm motility by disrupting the diurnal rhythms of rumen microbes and metabolites in Hu rams. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(20), 11161. <https://doi.org/10.3390/ijms252011161>
- Wang, Y., Fu, X., & Li, H. (2025). Mechanisms of oxidative stress-induced sperm dysfunction. *Frontiers in Endocrinology*, 16, 1520835. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1520835>
- Wickramasingha, D., Schumann, F., Sayi, S., Toews, A., Gabadage, K., Fernandopulle, R., & Dadarwal, D. (2025). Semen quality and pathological lesions in rams naturally infected with *Brucella ovis* during an outbreak in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 66(5), 523-532.

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

TIPO DE COLABORACIÓN

Artículo científico

Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. La extensión máxima del manuscrito es de 25 cuartillas incluyendo tablas y figuras.

Artículo de revisión

La publicación de este tipo de manuscrito está sujeto a consideración del editor en jefe. Los tópicos que se discutirán serán los que se encuentran dentro del alcance de la revista. El artículo debe estar estructurado en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, desarrollo del tema (con los apartados necesarios a criterio del autor (es), conclusión y literatura citada.

Comunicaciones cortas

Este tipo de publicación es adecuada para registrar los resultados de pequeñas investigaciones completas o dar detalles de nuevos modelos o hipótesis, métodos innovadores o técnicas. El estilo de las secciones principales no necesita ajustarse al de los artículos completos. Las comunicaciones cortas tienen alrededor de 6 a 12 páginas manuscritas de extensión. Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada.

Casos clínicos

La publicación de este tipo escrito ofrecen observaciones científicas relacionadas con la atención de un caso, que usualmente comprende una entidad nosológica poco frecuente, emergente,

reemergente o que se presenta de manera atípica. Este artículo debe estar integrado por los siguientes elementos: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, caso clínico (desarrollo de la historia clínica, confirmación de laboratorio), discusión y conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. Debe tener una extensión de 10 páginas y máximo 5 tablas o ilustraciones.

Para más información consulta las instrucciones específicas en el siguiente enlace.



<https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/index.php/cienciasVeterinarias/about/submissions>

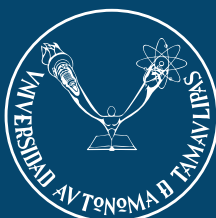


Universidad Autónoma de
TAMAULIPAS



**Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia**
Dr. Norberto Treviño Zapata

CIENCIAS Veterinarias — y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD