

CIENCIAS Veterinarias — y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD



P. 5

Urolitiasis vesical felina

P. 13

Trastornos conductuales por separación en un perro

P. 22

Transferencia de embriones en ganado bovino

P. 32

Reproducción en sistemas lecheros familiar-traspatio

P. 40

Nutrición del guajolote

P. 58

El género *Celtis* en alimentación animal

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

Dr. Fernando Leal Ríos
Secretario de Investigación y Posgrado

Dr. Flaviano Benavides González
Director de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata"

Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Año: 2025, Volumen: 3, 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: 28 de agosto de 2025.

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

Les presentamos el quinto número de la revista "Ciencias Veterinarias y Producción Animal".

Esta publicación, impulsada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata" de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, continúa la misión de acercar información científica y de calidad a investigadores, estudiantes y productores.

En esta edición, se recibieron investigaciones que incluyen un caso clínico, tres artículos científicos y dos artículos de revisión que muestran la diversidad de conocimiento, tanto en ciencias veterinarias como en producción animal.

Los temas abordados en este número incluyen la Urolitiasis vesical felina: caso clínico; Caracterización de trastornos conductuales por separación repentina en un perro hogareño; Transferencia de embriones en el ganado bovino; Eficiencia reproductiva y evaluación económica en sistemas de producción en trópico seco; Comparación de parámetros reproductivos en bovinos bajo dos sistemas de producción de leche familiar-traspatio del Bajío; Requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*): una revisión; El uso del género *Celtis* en la alimentación animal: una revisión.

Los invitamos a revisar a fondo este número ya que la investigación es el camino principal hacia el conocimiento.

"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

Diseño Editorial

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

Dr. Jorge Alva Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Hugo Brígido Barrios García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Flaviano Benavides González
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Zeferino Blanco Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Verónica Carvajal de la Fuente
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Ivonne Ceballos Olvera
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Griselda Gaona García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Madai Rosas Mejía
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Leroy Soria Díaz
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Venancio Vanoye Eligio
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. María de la Luz Vázquez Saucedo
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. José Vázquez Villanueva
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Alfredo Sánchez González
Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria, México
Dr. Adrián Zaragoza Bastida
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
MS. Cecilia Rosales
Universidad de Tucson, Arizona
PhD. Frank Von Hippel
Universidad de Tucson, Arizona

PRODUCCIÓN ANIMAL

Dra. Yuridia Bautista Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jorge Loredó Osti
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Luz Yosahandy Peña Avelino
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Francisco Reyes Zepeda
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Miguel Ruiz Albarrán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jaime Salinas Chavira
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Cecilia Carmela Zapata Campos
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Sergio Beltrán López
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México
Dr. Mauricio Velázquez Martínez
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México
Dr. Gaspar Manuel Parra Bracamonte
Instituto Politécnico Nacional, México
Dr. Fernando Figueroa Saavedra
Universidad Autónoma de Baja California, México
Dra. Cristina Pérez Linares
Universidad Autónoma de Baja California, México
Dra. Nallely Rivero Pérez
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
Dr. Luis Antonio Saavedra Jiménez
Universidad Autónoma de Guerrero, México
Dr. Paulino Sánchez Santillán
Universidad Autónoma de Guerrero, México
Dr. Jorge Alberto López Rocha
Universidad Nacional Autónoma de México, México
Dr. Fernando Sánchez Dávila
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

CASO CLÍNICO



5 Urolitiasis vesical felina: caso clínico
Feline bladder urolithiasis: clinical case

Reyna María González-Vizcaya, Karla Yaneth Montelongo-Moreno, Carlos Alberto Barrón-Vargas, Everardo M. Salinas-Navarrete

ARTÍCULO CIENTÍFICO



13 Caracterización de trastornos conductuales por separación repentina en un perro hogareño

Characterization of behavioural disorders due to sudden separation in a home dog

Andrés Kobe-Solares



22 Transferencia de embriones en el ganado bovino: Eficiencia reproductiva y evaluación económica en sistemas de producción en trópico seco

Embryo Transfer in beef cattle: Reproductive efficiency and economic assessment in productive systems under dry tropical conditions

Libia Ivonne Pérez-Torres, Saul Briones-Olvera, María Lorena Torres-Rodríguez, Sandra Elizabeth Hernández-Méndez, Francisco Trejo-Meza, Jorge Loredó-Osti



32 Comparación de parámetros reproductivos en bovinos bajo dos sistemas de producción de leche familiar-traspatio del Bajío

Comparison of reproductive parameters in cattle under two smallholder dairy systems in the Bajío

Miguel Ruiz-Albarrán, Ricardo Avilés-Ruiz, Oscar Guadalupe Barrón-Bravo, Abner Josué Gutiérrez-Chávez

ARTÍCULO REVISIÓN



40 Requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*): una revisión

Nutritional requirements of domestic turkey (*Meleagris gallopavo*): a review

Alejandro Vargas-Cornejo, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Alejandro Rodríguez-Ortega, Elba Ronquillo de Jesús



58 El uso del género *Celtis* en la alimentación animal: una revisión

The use of the genus *Celtis* in animal feeding: a review

Wilfrido Yigael Flores-Hernández, Luz Yosahandy Peña-Avelino, Jorge Alva-Pérez, Gerardo Noé Rosales-Martínez



Urolitiasis vesical felina: caso clínico

Feline bladder urolithiasis: clinical case

Reyna María González-Vizcaya*¹, Karla Yaneth Montelongo-Moreno¹, Carlos Alberto Barrón-Vargas¹,
Everardo M. Salinas-Navarrete¹

RESUMEN

Paciente felino Europeo Doméstico de pelo corto, gonadectomizada de 2.5 años de edad, fue presentada por hematuria e incontinencia urinaria crónica de cinco meses. El examen físico reveló dolor abdominal, fiebre (39.8 °C) y deshidratación del 7%. El hemograma mostró hiperproteinemia, monocitosis y neutrofilia. La bioquímica sanguínea indicó azotemia post-renal (urea y creatinina elevadas). El análisis de orina evidenció hipostenuria (1.015), pH alcalino, hematuria, piuria, bacteriuria y cristales de estruvita. Estudios de imagen confirmaron urolitiasis vesical. La paciente fue hospitalizada e inició tratamiento con cefovecin, buprenorfina, omeprazol, dieta acidificante y feromona facial felina F3. Tras cuatro días de estabilización se realizó cistotomía y extracción de urolitos. La evolución clínica fue favorable, con normalización progresiva de la micción. Se egresó con dieta Urinary S/O, agua purificada, arenero limpio y feromona F3. El caso destaca la importancia del abordaje diagnóstico-terapéutico integral en enfermedad del tracto urinario inferior (FLUTD).

Palabras clave: cistostomía, enfermedad del tracto urinario inferior (FLUTD), estruvita, urolitiasis vesical.

ABSTRACT

A 2.5-year-old spayed female Domestic European Shorthair cat was presented with hematuria and chronic urinary incontinence lasting five months. Physical examination revealed abdominal pain, fever (39.8 °C), and 7% dehydration. The complete blood count showed hyperproteinemia, monocytosis, and neutrophilia. Blood biochemistry indicated post-renal azotemia (elevated urea and creatinine). Urinalysis revealed hypostenuria (specific gravity 1.015), alkaline pH, hematuria, pyuria, bacteriuria, and struvite crystals. Imaging studies confirmed bladder urolithiasis. The patient was hospitalized and began treatment with cefovecin, buprenorphine, omeprazole, an acidifying diet, and F3 feline facial pheromone. After four days of stabilization, a cystotomy and urolith extraction were performed. The clinical evolution was favorable, with progressive normalization of urination. The patient was discharged with a Urinary S/O diet, purified water, a clean litter box, and F3 pheromone. This case highlights the importance of a comprehensive diagnostic and therapeutic approach in FLUTD.

Keywords: cystotomy, feline lower urinary tract disease (FLUTD), struvite, vesical urolithiasis.

*Autor para correspondencia: rvizcaya@uat.edu.mx

Fecha de aceptación: 15 de julio de 2025

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

Fecha de recepción: 9 de julio de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

INTRODUCCIÓN

La urolitiasis vesical felina es una condición de importancia clínica, tanto a nivel mundial como en México, siendo responsable del 15% - 23% de los casos de enfermedad del tracto urinario inferior (FLUTD), con estruvita y oxalato de calcio como los urolitos más comunes (Taylor et al., 2025). En Alemania, entre 2016 y 2020, se encontró que el 59.5% de los urolitos eran de oxalato de calcio y el 33.7% de estruvita, con un aumento del 6.6% en los casos de oxalato. En México, un estudio con 81 muestras mostró proporciones similares: 54.3% de oxalato de calcio y 32.1% de estruvita (Mendoza-López et al., 2019).

La urolitiasis es una enfermedad caracterizada por la sobresaturación de la orina, esto conduce a la precipitación y aglomeración de cristales que finalmente forman urolitos o cálculos urinarios. Esta patología presenta un origen multifactorial y es altamente recurrente, con tasas de recaída que oscilan entre el 50% y 70%. Además, su semiología suele ser inespecífica, esto puede dificultar el diagnóstico clínico y dar lugar a confusiones con otras enfermedades del tracto urinario inferior (Del Angel-Caraza et al., 2020).

La detección de urolitos en gatos se basa en una combinación de urianálisis e imagenología. El urianálisis (examen general de orina), proporciona indicios de la composición del cálculo (pH, cristales, bacterias), siendo sugestivo de estruvita u oxalato, según el pH urinario (Vila et al., 2018). En imagenología, la ecografía abdominal y Doppler (esta última utilizada para medir el flujo sanguíneo) permite identificar cálculos, evaluar dilataciones uretrales y medir índices renales en gatos con FLUTD (Evangelista et al., 2023). De forma complementaria, la radiografía abdominal, junto con técnicas de contraste como uretrocistografía, mejora la detección de cálculos radiopacos y radiolúcidos (Taylor et al., 2025).

Los factores de riesgo para el desarrollo de urolitiasis pueden clasificarse en tres grandes grupos. Primero, los factores etiológicos, que incluyen la exposición a agentes tóxicos, teratogénicos e infecciosos que pueden alterar la composición urinaria y favorecer la formación de cristales. Segundo, los factores demográficos, que consideran aspectos inherentes al individuo, como la especie, raza, edad, sexo y predisposición genética. Finalmente, los factores ambientales, relacionados con el entorno de vida, la calidad y tipo de alimentación, así como la disponibilidad y calidad del agua consumida (Osborne et al., 2009). En este contexto, se ha observado que los machos presentan una mayor predisposición para desarrollar cálculos de oxalato de calcio, mientras que las hembras tienden a formar con mayor frecuencia cálculos de estruvita (Parrales Ramos, 2021). Estos hallazgos resultan fundamentales para orientar tanto el diagnóstico clínico como las estrategias terapéuticas y preventivas en pacientes felinos afectados por urolitiasis.

DESCRIPCIÓN DEL CASO CLÍNICO

En junio de 2024, se presentó a consulta en el Hospital Veterinario para Pequeñas Especies de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia “Dr. Norberto Treviño Zapata”, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (FMVZ-UAT), un paciente felino de raza Europeo Doméstico de pelo corto, hembra, esterilizada al año de edad. El animal, de nombre “Michita”, contaba con 2.5 años de edad, un peso corporal de 3.9 kg y una condición corporal de 3/5. La tutora reportó que, desde hace aproximadamente cinco meses, la paciente comenzó a presentar dificultad para orinar, hematuria e incontinencia urinaria. Inicialmente, fue atendida en otra clínica veterinaria, donde se diagnosticó

una infección del tracto urinario y se prescribió dieta urinaria junto con medicación desconocida durante un mes y medio, sin que se observara mejoría clínica.

Durante la evaluación inicial, en el hospital, se realizó un examen físico general que evidenció dolor abdominal moderado, hiporexia, fiebre (39.8 °C), letargo, polaquiuria, periuria, hematuria, estranguria y deshidratación estimada en un 7%. Debido a la presentación clínica, se solicitaron estudios complementarios que incluyeron hemograma, química sanguínea, examen general de orina y estudios de imagen mediante ecografía abdominal y radiografía para descartar o confirmar diagnósticos diferenciales como FLUTD, Infección del Tracto Urinario (ITU), Cistitis Idiopática Felina (CIF).

Estudios de laboratorio

Respecto a la biometría hemática el hematocrito, esta se determinó manualmente usando tubos capilares sin heparina, centrifugados a 11,500 rpm por 5 minutos en la microcentrifuga (KHT-410E Kendal Import S.A.C. Gemmy Taiwan). Al terminar de centrifugar se midió hematocrito en escala, expresando el resultado en porcentaje. Para la proteína plasmática total, el plasma se colocó en un refractómetro (American Optical) y el valor se expresó en g/L.

Se tiñó frotis con Diff quik (Se fijó en metanol y se tiñó con eosina y azul de metileno). Se tomó una pipeta para glóbulos blancos. Se llenó hasta la marca de 0.5 con sangre y la marca de 101 con solución de turk para proceder a mezclarse. Se desecharon las cinco primeras gotas, se colocó la número 6 sobre la cámara de Neubauer y se realizó el conteo con el objetivo de 10X. Por último, se tomó el frotis seco y se colocó en el objetivo de 10X observando macroscópicamente anomalías, posterior a ello se colocó en el objetivo de 100X con unas pequeñas gotas de aceite de inmersión y se procedió a realizar el conteo diferencial leucocitario en zigzag, así como el conteo de plaquetas y posibles hemoparásitos.

El hemograma reveló una trombocitopenia moderada, hiperproteïnemia. Leucocitosis caracterizada por monocitosis leve y neutrofilia severa con desviación a la izquierda, indicativos de respuesta inflamatoria y posible infección, esta se realizó de forma manual (Tabla 1).

■ Tabla 1. Trombocitopenia moderada, hiperproteïnemia. Leucocitosis caracterizada por monocitosis leve y neutrofilia severa con desviación a la izquierda, indicativos de respuesta inflamatoria y posible infección.

Hemograma						
		Valores de referencia		%	Absolutos	Valores de referencia
Hemoglobina	143	(80-150 g/L)	Leucocitos		32.60	5.5-19.5 x10 ⁹ /L
Hematocrito	0.43	(0.24-0.45L/L)	Monocitos	3	0.98	(1-4%) 0.0 - 0.85x10 ⁹ /L
Eritrocitos	9.56	(5-10x10 ¹² /L)	Linfocitos	5	1.63	(20-55%) 1.5 - 7.0x10 ⁹ /L
V.G.M.	45	(39-55 fl)	N. Seg.	90	29.34	(35-75%) 2.5 - 12.5x10 ⁹ /L
H.G.M.		(13-17 pg)	N. Banda	1	0.33	(0-3%) 0.0 - 0.3x10 ⁹ /L
C.H.G.M.	332	(300-360 g/L)	Eosinófilos	1	0.33	(2-12%) 0.00 - 1.5x10 ⁹ /L
			Basófilos		0	0
Reticulocitos		(0-1%)	Mielocitos		0	0
Plaquetas	162	(300-700x10 ⁹ /L)	Metamielo		0	0
Prot. Plasm,	98	(60-75 g/L)	Juveniles		0	0
			Cel. Indif.		0	0

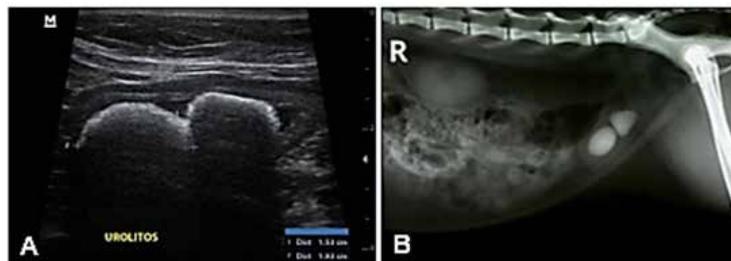
La química sanguínea fue realizada con el analizador bioquímico Skyla VB1. Se observó azotemia post-renal con elevación de nitrógeno ureico, creatinina y fósforo, evidenciando compromiso renal secundario a una obstrucción (Tabla 2).

- Tabla 2. Resultados de química sanguínea; Azotemia post-renal con elevación de nitrógeno ureico, creatinina y fosforo, evidenciando compromiso renal secundario a una obstrucción.

Química Sanguínea			
Analito	Resultado	Rango	Unidad
Albúmina	3.4	2.65 - 4.6	g/dL
Proteínas totales	8.9	5.7 - 8.9	g/dL
Glucosa	119	53 - 150	Mg/dL
Fosfatasa alcalina	41	14 - 111	U/L
Alanina amino transferasa	39	18 - 155	U/L
Bilirrubina Total	0.6	0.0 - 0.9	mg/dL
Amilasa	1400	500 - 1600	U/L
Nitrógeno ureico	>140	13.0 - 37.0	mg/dL
Creatinina	9.52	0.7 - 2.0	mg/dL
Calcio	10.7	8.0 - 12.0	mg/dL
Fósforo	12.5	3.1 - 7.5	mg/dL
Sodio	146	142 - 164	mmol-L
Potasio	3.9	3.7 - 5.8	mmol/L
Globulinas	5.5	2.8 - 5.5	g/dL
Urea	-	27.8 - 79.2	mg/dL

El análisis general de orina reportó densidad urinaria de 1.015 (Refractómetro ATAGO® Master/Manual), pH alcalino, hiperproteinemia, presencia de eritrocitos, leucocitos, bacterias en grado moderado, así como cristales de estruvita.

En la ecografía abdominal, realizada con el equipo Mindray z6, se identificaron dos estructuras hiperecogénicas con sombra acústica compatible con cálculos urinarios, hallazgo corroborado por la radiografía abdominal elaborado con un generador de rayos X portátil modelo: EP-F2800 con potencia de entrada: AC 100V-120V de fase única 50/60 Hz y potencia de salida 40-120V35 mA, con rango de: mAs 0.4-100 mAs donde se observaron dos estructuras radiopacas localizadas en la vejiga urinaria (Figura 1).



- Figura 1. A). Ecografía; transductor lineal de la vejiga con presencia de dos urolitos de 1 cm. B). Radiografía; proyección lateral de abdomen donde se confirma la vejiga con presencia de los dos urolitos radiopacos.

Los urolitos extraídos se mandaron a analizar al Laboratorio de Análisis de Urolitos del Hospital Veterinario de Pequeñas Especies de la Universidad Autónoma del Estado de México (HVPE-UAEMex) (Tabla 3).

■ Tabla 3. Resultados de los urolitos extraídos, mandados analizar al Laboratorio de Análisis de Urolitos del Hospital Veterinario de Pequeñas Especies de la Universidad Autónoma del Estado de México (HVPE-UAEMex).

Análisis Físico-Químico de Cálculo Urinario	
Fecha:	25-07-2024
Identificación interna:	202-06-2024TAMPS
Especie:	Felino
Paciente:	Michita
Sexo:	Hembra
Edad:	2 años 6 meses
Raza:	Europeo doméstico
Médico responsable:	Araceli Nuñez
Estado de la república:	Tamaulipas
Examen Físico	
Número de cálculos:	2
Forma:	Irregular
Aspecto:	Semirrugoso
Tamaño:	18x18,16x15
Peso (gr):	4.94
Número de capas:	1
Color:	blanco
Examen Químico	
Cristales de superficie:	Estruvita 100%
Diagnóstico:	Urolitos de estruvita

Tratamiento

Los hallazgos clínicos, de laboratorio y de imagen fueron base para iniciar el tratamiento. Se hospitalizó a la paciente e inició un protocolo terapéutico que incluyó la administración de Omeprazol (0.7 mg/kg SID IV), Cefovecin (8 mg/kg SC) y Buprenorfina (0.002 mg/kg IV BID), junto con dieta urinaria y aplicación de feromona facial felina F3 para reducir el estrés. Después de cuatro días de estabilización clínica, se realizó una cistotomía para la extracción de los urolitos vesicales, los cuales fueron confirmados visualmente (Figura 3).

La evolución postoperatoria fue favorable, con mejoría progresiva en la frecuencia y calidad de la micción, pasando de un color marrón a una orina amarillenta, indicativo de resolución del proceso inflamatorio. La paciente fue dada de alta con indicaciones de mantener la dieta Urinary S/O, formulada para disolver cálculos de estruvita y prevenir su recurrencia, ayuda a acidificar y diluir la orina, reduciendo la formación de cristales. Esta se administró con agua purificada, además del mantenimiento estricto del arenero y uso continuo de feromona facial felina F3 para minimizar el estrés y prevenir recaídas.



■ Figura 2. Urolitos extraídos de vejiga urinaria.

DISCUSIÓN

La urolitiasis en felinos es una afección multifactorial cuya manifestación clínica y pronóstico dependen, entre otros factores, de la composición, localización y tamaño de los urolitos, así como del estado general del paciente. Entre los tipos más frecuentes de urolitos en gatos domésticos se encuentran los compuestos por estruvita y oxalato de calcio, siendo responsables de la mayoría de los casos clínicos reportados (Escobar, 2017). En el presente caso, el análisis general de orina evidenció la presencia de cristales de estruvita. Esto sugiere su posible participación en la formación de los cálculos extraídos quirúrgicamente. No obstante, se remitieron los urolitos al HVPE-UAEMex para su análisis mineralógico definitivo, con el fin de confirmar su composición y establecer medidas preventivas adecuadas.

Según Mendoza-López (2019), en un estudio retrospectivo realizado en el Laboratorio de Análisis de Urolitos del HVPE-UAEMex, de 81 casos de urolitiasis en gatos, el 75% de los urolitos se localizaron en la vejiga urinaria, y el 89% de los pacientes correspondían a gatos Europeo Doméstico de pelo corto. Estos hallazgos coinciden plenamente con las características observadas en este caso clínico, tanto en la localización anatómica de los urolitos, como en la raza del paciente.

De forma similar, Remichi et al. (2020) reportaron que, de 32 casos de urolitiasis felina evaluados, la raza más frecuentemente afectada fue la europea (65.6%). La mayoría de los casos (87.5%) se presentaron en machos, siendo solo el 12.5% hembras. Además, el mismo estudio menciona que el 71.8% de los gatos con urolitiasis eran castrados, y que la alimentación también desempeña un papel relevante: el 65.8% de los gatos afectados consumía dietas comerciales, mientras que el 34.3% recibía dietas caseras. En nuestro caso de estudio se trató de una hembra, esterilizada, perteneciente a una raza comúnmente afectada que coincide con los factores de riesgo documentados. El historial dietético incluía una dieta urinaria prescrita previamente, sin respuesta clínica satisfactoria. Esto reforzó la necesidad de un enfoque diagnóstico más integral en casos persistentes.

En cuanto a los signos clínicos, la paciente presentó disuria, polaquiuria, estranguria, hematuria, periuria, incontinencia y deshidratación, un conjunto sintomático que coincide con lo descrito para el síndrome FLUTD (Grauer, 2015). Es importante destacar que esta enfermedad no constituye un diagnóstico en sí mismo, sino un término que engloba un conjunto de signos clínicos atribuibles a diversas enfermedades subyacentes que afectan el tracto urinario inferior. Dentro de estas posibles causas se incluyen la urolitiasis, cistitis idiopática, infecciones urinarias, neoplasias, malformaciones anatómicas, entre otras. Por tanto, resulta fundamental identificar la etiología específica en cada paciente, ya que el enfoque terapéutico puede variar significativamente, según la causa subyacente. El abordaje diagnóstico incluyó imagenología mediante ecografía abdominal y radiografía simple, observándose en ambos estudios estructuras compatibles con urolitos, específicamente líneas hiperecogénicas con sombra acústica en el ultrasonido y opacidades radiográficas en región vesical. Esto coincide con los hallazgos descritos por Sutherland-Smith y Penninck (2015).

Los hallazgos del urianálisis coinciden con los reportados por Remichi et al. (2020), aunque en su serie, la mayoría de los gatos presentaban pH ácido. El 34.3% mostró pH alcalino, como en este caso clínico. De igual forma, se detectaron niveles elevados de hematuria (87.5%), leucocituria (37.5%), proteinuria (18.7%), baja densidad urinaria (<1.038) en el 40.6%, y cristales en todos los casos (100%) (Remichi et al., 2020). En un estudio en Argelia sobre 32 gatos con urolitiasis, los resultados fueron comparables: pH alcalino en 34.37%, hematuria en 87.5%, leucocitos en 37.5%, proteínas en 18.75%, densidad urinaria baja en 40.62% y cristales en 100% (Khaled et al., 2020). Por otro lado, un estudio prospectivo en 25 gatos con obstrucción uretral evidenció que aproximadamente el 36% presentaban azotemia post-renal al ingreso, con elevaciones de urea y creatinina que se resolvieron significativamente tras desobstrucción (Smith et al., 2021). Esto subraya la importancia de distinguir entre una azotemia reversible de origen post-renal y una insuficiencia renal intrínseca. En este caso, los valores marcadamente elevados de creatinina sérica (casi cinco veces el límite superior) y la baja densidad urinaria justifican la sospecha de compromiso renal. En consecuencia, es fundamental detallar cómo se descartó daño renal permanente, considerando que una obstrucción urinaria prolongada puede evolucionar hacia una insuficiencia renal establecida.

En conjunto, los hallazgos clínicos, de laboratorio e imagenológicos coinciden con los reportes previos y refuerzan la importancia de un diagnóstico oportuno, integral y específico. Además, la intervención quirúrgica mediante cistotomía, seguida de tratamiento médico y dieta terapéutica, permitió una evolución clínica favorable, destacando la eficacia de un enfoque multimodal en el manejo de la urolitiasis vesical felina.

CONCLUSIONES

El presente caso clínico destaca la importancia de un diagnóstico integral en pacientes felinos con signos persistentes de enfermedad del tracto urinario inferior. La combinación de pruebas clínicas, de laboratorio y estudios de imagen permitió identificar con precisión la presencia de urolitiasis vesical y el impacto sistémico. La estabilización médica, seguida de intervención quirúrgica mediante cistotomía, resultó en una recuperación favorable. Este caso refuerza la necesidad de considerar la urolitiasis como diagnóstico diferencial en cuadros urinarios crónicos y de implementar estrategias terapéuticas multimodales que incluyan corrección dietética, manejo del dolor, control del estrés y seguimiento clínico riguroso para prevenir recurrencias.

REFERENCIAS

- Del Angel-Caraza, J., García-Ramos, J. E., & Morales-Sánchez, R. (2020). Factores asociados a la recurrencia de urolitiasis en felinos domésticos. *Revista Mexicana de Ciencias Veterinarias*, 11(3), 45-53.
- Escobar, J. C. (2017). Prevalencia y características clínicas de la urolitiasis en gatos domésticos. *Revista Colombiana de Medicina Veterinaria*, 25(1), 23-30.
- Evangelista, M. C., Leisewitz, A. L., & Hartman, M. J. (2023). Use of abdominal ultrasound and Doppler for diagnosis of feline urinary tract disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(2), 134-142. <https://doi.org/10.1177/1098612X221146896>
- Grauer, G. F. (2015). Feline lower urinary tract disease (FLUTD): Pathophysiology and diagnostic approach. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(4), 621-633. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.03.005>
- Khaled, B., Remichi, M., & Touhami, N. (2020). Étude clinique et biochimique de la lithiase urinaire chez 32 chats. *Revue Vétérinaire d'Algérie*, 36(2), 78-84.
- Mendoza-López, M., Pérez-Cruz, E., & Valdez-Alarcón, J. J. (2019). Caracterización de urolitos en felinos domésticos en México: Estudio retrospectivo 2013-2018. *Revista Científica de Veterinaria*, 30(4), 195-202.
- Osborne, C. A., Lulich, J. P., Kruger, J. M., Ulrich, L. K., & Koehler, L. A. (2009). Analysis of 451, 891 Canine Uroliths, Feline Uroliths, and Feline Urethral Plugs from 1981 to 2007: Perspectives from the Minnesota Urolith Center. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39(1), 183-197. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2008.09.011>
- Parrales Ramos, G. (2021). Factores predisponentes para la formación de urolitos en felinos domésticos. Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Manabí.
- Remichi, M., Khaled, B., & Touhami, N. (2020). Étude rétrospective sur les cas de lithiase urinaire chez le chat: Prévalence, caractéristiques cliniques et biochimiques. *Revue Algérienne de Sciences Vétérinaires*, 54(3), 210-218.
- Smith, A. J., Thompson, M. A., & Larsen, J. A. (2021). Postrenal azotemia in cats with urethral obstruction: Clinical and biochemical response after decompression. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(3), 1154-1160. <https://doi.org/10.1111/jvim.16147>
- Sutherland-Smith, J., & Penninck, D. G. (2015). Ultrasonographic diagnosis of urolithiasis in cats and dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(1), 28-34. <https://doi.org/10.1111/vru.12201>
- Taylor, A., Demetriou, J., & Gunn-Moore, D. (2025). ISFM consensus guidelines on the management of feline lower urinary tract disease (FLUTD). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 27(1), 12–35. <https://doi.org/10.1177/1098612X245000102>
- Vila, F. R., Martín, N., & López, D. (2018). Interpretación del análisis de orina en gatos con urolitiasis. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 38(3), 123-129.



Caracterización de trastornos conductuales por separación repentina en un perro hogareño

Characterization of behavioural disorders due to sudden separation in a home dog

Andrés Kobe-Solares^{1,2}

RESUMEN

Los trastornos conductuales en perros afectan su bienestar e interacción social. Surgen por causas como mala socialización, traumas o problemas físicos. Se manifiestan como agresividad, estereotipias, miedo o conductas destructivas. La falta de estímulo, ejercicio y rutina agrava el problema, afectando su calidad de vida y salud. Este estudio caracterizó trastornos conductuales en un perro hogareño tras una separación repentina. Durante cinco semanas, se registraron cinco trastornos: estereotipia de desplazamiento (ED), hipervocalización (HV), rascar el cristal (RC), lamer el cristal (LC) y saltos al cristal (SC), con un total de 285 eventos. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre conductas y mostró que ED fue menos frecuente que HV y SC. En cuanto a la duración, ED presentó el valor más alto y LC el más bajo. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en las duraciones medias. Estos resultados evidencian que la separación puede desencadenar una variedad de respuestas conductuales. Esto subraya la necesidad de estrategias preventivas para mitigar el impacto del vínculo afectivo interrumpido.

Palabras clave: Trastornos conductuales, ansiedad por separación, estereotipia, bienestar animal

ABSTRACT

Behavioural disorders in dogs affect their well-being and social interaction. They arise from causes such as poor socialization, trauma, or physical issues. These disorders manifest as aggression, stereotypies, fear, or destructive behaviours. Lack of stimulation, exercise, and routine worsens the problem, impacting their quality of life and health. This study characterized behavioural disorders in a household dog following a sudden separation. Over five weeks, five abnormal behaviours were recorded: displacement stereotypy (ED), hypervocalization (HV), scratching the glass (RC), licking the glass (LC), and jumping at the glass (SC), totalling 285 events. Statistical analysis revealed significant differences between behaviours and showed ED was less frequent than HV and SC. Regarding duration, ED had the highest value and LC the lowest. However, no significant differences were found in average durations. These results show that separation can trigger a variety of behavioural responses. This highlights the need for preventive strategies to mitigate the impact of disrupted emotional bonds.

Keywords: Behavioural disorders, separation anxiety, stereotypy, animal welfare

*Autor para correspondencia: biol.acanthophis@gmail.com

Fecha de aceptación: 4 de junio de 2025

Fecha de recepción: 29 de abril de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

¹Laboratorio de Patología Experimental y Comparada, Universidad de Costa Rica, sede Rodrigo Facio, San Pedro, San José, Costa Rica.

²Lúminos "Steam Puebla S.C.". San Andrés Cholula, Puebla. México.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos conductuales en perros son alteraciones en el comportamiento de estos animales que afectan su bienestar y su capacidad para interactuar de manera adecuada con su entorno, estos pueden manifestarse de diversas formas: agresividad, ansiedad, fobias, estereotipias, entre otros (Barrera et al., 2009; Carreño Fernández de Córdoba, 2018). Estos trastornos pueden derivarse de múltiples causas, como una mala socialización durante la etapa de cachorro (Rossi, 2005), experiencias traumáticas, factores genéticos o incluso problemas de salud física que afectan su comportamiento (Barrera et al., 2009; Rossi, 2005). En muchos casos, los perros desarrollan estos trastornos cuando se sienten inseguros o estresados en su entorno, esto puede generar un malestar constante. Junto con ello, la falta de actividad física adecuada, estimulación mental y/o una rutina coherente pueden contribuir al desarrollo de estos problemas (Casasola-Rivera, 2023; Mariotti et al., 2009; Rossi, 2005).

Entre los signos más frecuentes que se experimentan debido a trastornos conductuales están los ladridos excesivos, miedos irracionales, comportamiento destructivo, o incluso agresión hacia otros animales o personas (Barrera et al., 2009; Mariotti et al., 2009). Además, es común la aparición de estereotipias, estos son comportamientos repetitivos y poco funcionales que no tienen un propósito claro y pueden ser una señal de malestar o estrés crónico (Barrera et al., 2009; Rossi, 2005). Estas conductas incluyen acciones como girar en círculos, caminar de un lado a otro sin un motivo aparente, mordiscos a objetivos no visibles, y otras más (Barrera et al., 2009; Carreño Fernández de Córdoba, 2018). Estos comportamientos pueden convertirse en un problema persistente si no se abordan adecuadamente, afectando la calidad de vida del perro (Anzola, 2016; Casasola-Rivera, 2023; Ragau, 2012).

La falta de atención a dichos trastornos puede favorecer el desarrollo de patologías del comportamiento con alto grado de complejidad, como el trastorno obsesivo compulsivo (Anzola, 2016; Isaza, 2021). Este desencadena sucesos que atentan contra la salud física de los individuos, con actividades como morderse una parte del cuerpo, lamerse de forma constante un área del cuerpo, rascar compulsivamente, masticación repetitiva, entre otros (Barrera et al., 2009; Isaza, 2021). Por ello, es fundamental dar seguimiento a las conductas y fomentar entornos positivos para el desarrollo de las mascotas (Isaza, 2021; Sánchez et al., 2019).

Una de los principales orígenes de trastornos conductuales es la ansiedad por separación canina (A.S.C), esta se manifiesta cuando el animal se siente extremadamente estresado al ser separado de una figura humana, con quien tiene un vínculo fuerte y puede ocasionar un hiperapego (Mentzel, 2006; Talegón & Delgado, 2009). El vínculo afectivo entre los perros y sus dueños se ha desarrollado a lo largo de miles de años de convivencia, evolucionando desde una relación funcional hacia una conexión emocional profunda. Este lazo se basa en la compañía, el cuidado mutuo y la comunicación constante, generando comportamientos de apego. En algunos casos, puede intensificarse hasta convertirse en hiperapego, donde el perro depende excesivamente de la presencia de su dueño, manifestando ansiedad al separarse de él. Los perros que sufren de ansiedad por separación pueden mostrar signos de angustia. Es común en animales que han sido adoptados de refugios, aquellos que han pasado por cambios de entorno importantes o que han tenido experiencias traumáticas previas (Koscinczuk, 2017; Mentzel, 2006; Talegón & Delgado, 2009). Debido a la frecuencia con la que los perros hogareños pueden presentar ansiedad por separación (Ragau, 2012; Rossi, 2005) se denota la importancia de dar a conocer casos clínicos y estudios estructurados sobre las

manifestaciones en la conducta que este trastorno.

Debido al conocimiento existente y la necesidad de detallar el desarrollo de los trastornos conductuales, en particular la ansiedad por separación canina (Linhares et al., 2018; Mentzel, 2006), es que se realizó un estudio de caso en la ciudad de Puebla, México. Se caracterizaron los trastornos conductuales por separación repentina en un perro hogareño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Individuo de estudio

El perro, en el que se realizó el estudio (Fig. 1), fue de raza mestiza, una hembra de aproximadamente 3 años de edad con masa corporal de 5.5 kg. Pelaje de coloración negro en la mayor parte del cuerpo; pecho, hocico y parte interior de las extremidades de color pardo y presentó una mancha irregular blanca debajo de la garganta.



■ Figura 1. Individuo de estudio: Perro mestizo hembra de aproximadamente 3 años de edad.

El canino llegó a la vivienda hace 3 años y habitaba dentro del hogar, permaneciendo la mayor parte del día al lado de la figura de hiperapego. Meses después, fue separada y apartada al patio de concreto, este representó el área de estudio (Fig. 2). Los trastornos conductuales aquí presentados comenzaron a manifestarse paulatinamente durante los meses siguientes.

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en una casa de la ciudad de Puebla, México. El ejemplar de estudio se ubicó en un patio de concreto, el cual está dividido en 2 secciones (Fig. 2) y separado por una escalera de concreto de 6 escalones. La primera sección es de 3 x 2.95 m y la segunda de 3 x 2.65 m. La primera cuenta con una jardinera de forma circular de 124.5 cm de diámetro. La casa de madera donde se alojaba el canino fue de 62 cm de largo x 49 cm de ancho x 57 cm de alto se encuentra en la parte sureste, a la derecha de la puerta de acceso al patio.



■ Figura 2. Área de estudio: Patio con suelo de concreto en casa de la ciudad de Puebla, México.

Monitoreo

El estudio consistió en observaciones diarias en un periodo de una hora por 1 mes, del 10 de marzo al 11 de abril de 2025. Durante el periodo, el área permaneció sin estímulos externos que pudieran fungir como factores estresantes, entre ellas: atención de la figura de hiperapego, ruidos fuertes o temperaturas extremas. Se registraron las conductas anormales desarrolladas durante el tiempo de observación, con el tiempo en segundos que duró el comportamiento. Los comportamientos se clasificaron, de acuerdo con Barrera et al. (2009); Isaza, (2021) y Ragau, (2012), en estereotipia de desplazamiento (ED), hipervocalización (HV), rascar el cristal (RC), lamer el cristal (LC) y saltos al cristal (SC).

Los datos proporcionaron la frecuencia de las conductas para generar un gráfico de calor o heatmap, representando los valores de frecuencia por semana (%), con la finalidad de identificar patrones de intensidad durante el periodo de estudio. La representación del promedio y desviación estándar de duración (segundos), de los trastornos durante cada semana del periodo de observación, colocaron en un gráfico de líneas.

Análisis de datos

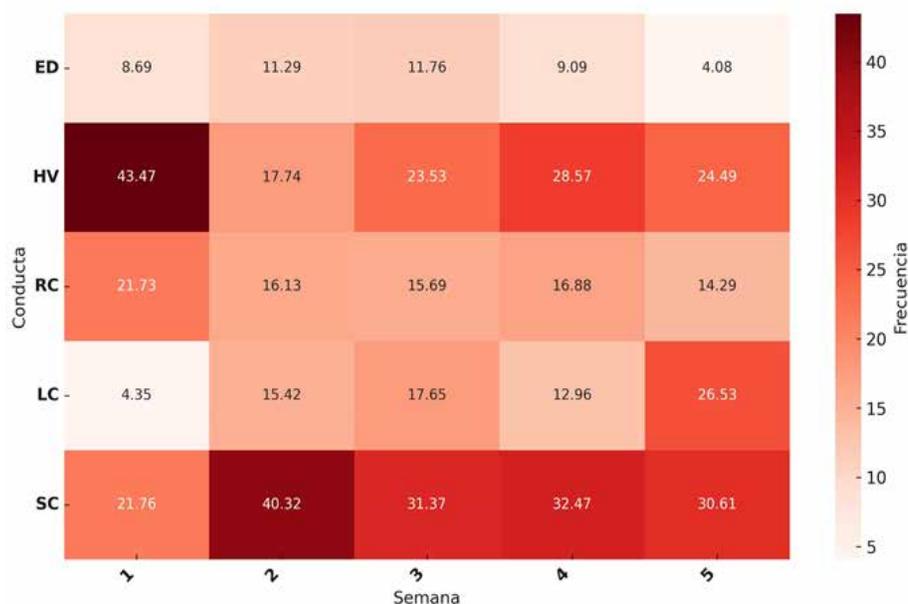
Se utilizó el programa estadístico Jamovi v. 2.6.44 para realizar las pruebas estadísticas. Los datos obtenidos para frecuencia y promedio de duración de las conductas durante las 5 semanas de estudio fueron analizados con una prueba de normalidad Shapiro-Wilk, ideal para muestras pequeñas ($n \leq 50$).

La prueba paramétrica ANOVA de un factor se utilizó para comparar, tanto las medias de frecuencia como la duración promedio, de las distintas conductas observadas a lo largo de 5 semanas e

identificar diferencias significativas entre ellas. Posteriormente, para determinar cuáles frecuencias de conductas difieren entre sí, se realizó una prueba post-hoc Tukey HSD.

RESULTADOS

Los trastornos conductuales se presentaron 285 veces durante el periodo de estudio, de ellos, saltos al cristal (SC) fue el más frecuente. Únicamente en la primera semana, la hipervocalización (HV) se presentó con mayor frecuencia (Fig. 3). El resto de los trastornos presentó ligera variación en la frecuencia y de acuerdo con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Tabla 1), las frecuencias siguen una distribución normal. La ANOVA de un factor arrojó que hay diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de las conductas, en cuanto a su frecuencia media ($F=9.61$; $p = 0.00017$). La prueba post-hoc Tukey HSD (Tabla 2) mostró que existen diferencias significativas al contrastar conductas entre sí. En este caso, la estereotipia de desplazamiento (ED) fue menos frecuente que la hipervocalización (HV) y saltos al cristal (SC).



■ Figura 3. Gráfico de calor con representación de frecuencias de las 5 conductas por semana de estudio. Promedio en porcentaje (%) de frecuencias: ED = 8.98 (± 3.05), HV = 27.56 (± 9.7), RC = 16.94 (± 2.84), LC = 15.21 (± 8.02) y SC = 31.31 (± 6.6).

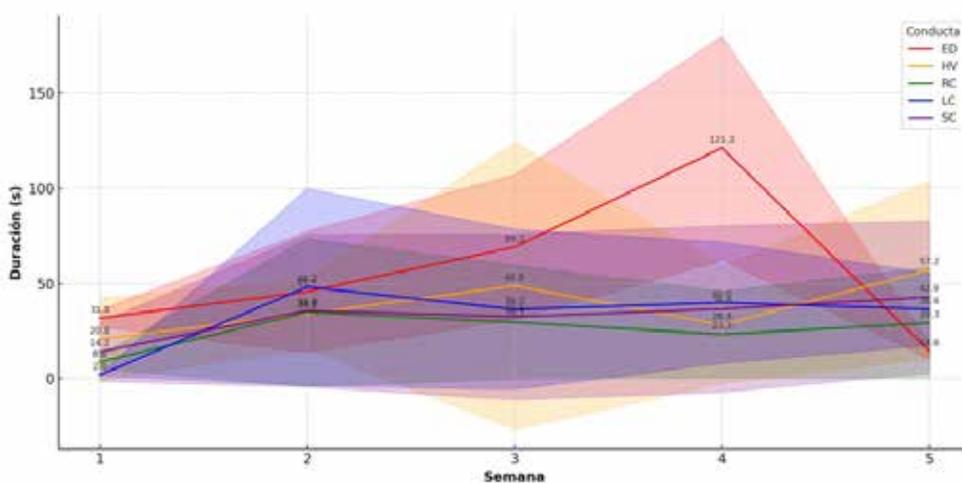
■ Tabla 1. Resultados de prueba de normalidad Shapiro-Wilk para frecuencias de conductas, donde no se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Conducta	Estadístico W	Valor p
Estereotipia de desplazamiento	0.884	0.327
Hipervocalización	0.892	0.366
Rascar el cristal	0.850	0.196
Lamer el cristal	0.949	0.732
Saltos al cristal	0.938	0.653

■ Tabla 2. Prueba post-hoc Tukey HSD contrastando diferencias entre medias de las conductas.

Conducta 1	Conducta 2	Diferencia de medias	Valor <i>p</i>	Límite inferior	Límite superior
Estereotipia de desplazamiento	Hipervocalización	18.578	0.0021	6.047	31.109
Estereotipia de desplazamiento	Lamer el cristal	6.400	0.5571	-6.131	18.931
Estereotipia de desplazamiento	Rascar el cristal	7.962	0.3485	-4.569	20.493
Estereotipia de desplazamiento	Salto al cristal	22.324	0.0003	9.793	34.855
Hipervocalización	Lamer el cristal	-12.178	0.0593	-24.709	0.353
Hipervocalización	Rascar el cristal	-10.616	0.1222	-23.147	1.915
Hipervocalización	Salto al cristal	3.746	0.8956	-8.785	16.277
Lamer el cristal	Rascar el cristal	1.562	0.9955	-10.969	14.093
Lamer el cristal	Salto al cristal	15.924	0.0088	3.393	28.455
Rascar el cristal	Salto al cristal	14.362	0.0199	1.831	26.893

En cuanto a la duración promedio de las conductas, se detectó que por semana hubo una conducta distinta con mayor valor promedio en duración (Fig. 4). El valor más alto promedio se visualizó en la semana 4, por parte de la estereotipia de desplazamiento (ED) con 121.19 s (± 58.81), mientras que el menor se dio en la primera semana por el trastorno lamer el cristal (LC) con 1.98 s (± 0.58). La estereotipia de desplazamiento (ED) presentó el valor de duración individual más elevado con 180.41 segundos continuos.



■ Figura 4. Gráfico de líneas con representación de promedio en la duración (segundos) de las 5 conductas durante las semanas de estudio. Las sombras representan los valores de desviación estándar de cada conducta. Valores promedio de duración (s): ED = 56.49, HV = 37.85, RC = 25.2, LC = 32.64 y SC = 32.41.

La prueba de normalidad mostró que los valores de duración promedio y desviación estándar siguen una tendencia de tipo normal (Tabla 3). De acuerdo con la ANOVA de un factor, los promedios de duración no presentan diferencias estadísticamente significativas ($F=1.82$; $p = 0.164$).

- Tabla 3. Resultados de prueba de normalidad Shapiro-Wilk para promedios de duración de conductas, donde no se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Comportamiento	Estadístico W	Valor <i>p</i>
Estereotipia de desplazamiento	0.9343	0.6259
Hipervocalización	0.9533	0.7610
Rascar el cristal	0.8836	0.3258
Lamer el cristal	0.7877	0.0640
Salto al cristal	0.8553	0.2118

DISCUSIÓN

En el periodo de estudio, los trastornos conductuales observados reflejaron una importante variabilidad, tanto en frecuencia como en duración promedio. Estos patrones sugieren una manifestación reiterada de los comportamientos, posiblemente asociados a un alto nivel de frustración y ansiedad (Mentzel, 2006; Talegón & Delgado, 2009). La persistencia de estos cinco trastornos, a lo largo del tiempo, junto con los elevados valores de duración promedio, sugiere un origen de ansiedad por separación canina (Koscinczuk, 2017; Mentzel, 2006; Talegón & Delgado, 2009). Además, las duraciones esporádicas sostenidas, como las identificadas con estereotipia de desplazamiento, hipervocalización y saltos al cristal, podrían llevar al desarrollo de trastorno obsesivo compulsivo, sin la atención oportuna o un mejor manejo del entorno del canino (Casasola-Rivera, 2023; Linhares et al., 2018; Mariotti et al., 2009; Rossi, 2005).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de duración semanal, esto indica que, aunque ciertas conductas como ED alcanzaron picos notables (especialmente en la semana 4, con más de 2 minutos continuos), estos no fueron suficientemente consistentes como para establecer una diferencia generalizable entre semanas (Anzola, 2016; Isaza, 2021; Mentzel, 2006). Este resultado sugiere que las conductas problemáticas se expresan en episodios agudos, más que en una progresión temporal sistemática (Barrera et al., 2009; Linhares et al., 2018).

El hecho de que ED presentara, tanto el mayor promedio como la mayor duración individual registrada (180.41 s) es relevante, ya que, aunque no fue la más frecuente, su manifestación fue particularmente intensa cuando sucedió. Este dato puede tener implicaciones clínicas, ya que podría indicar una mayor disfuncionalidad asociada a esta conducta específica, que merece atención particular, en caso de un diseño de intervenciones conductuales o enriquecimiento ambiental (Linhares et al., 2018; Mariotti et al., 2009; Sánchez et al., 2019).

Por otra parte, si bien el estudio fue limitado en cuanto al periodo de realización, la muestra fue suficiente para identificar diferencias significativas en la frecuencia de las conductas, más no en la duración promedio de estas. Por ello, es fundamental considerar el llevar a cabo estudios de mayor duración, donde quizás podrían identificarse más trastornos conductuales y efectos de la ansiedad por separación canina.

CONCLUSIONES

En conjunto, estos resultados permiten concluir que los trastornos evaluados presentan diferencias importantes en su expresión, con conductas más persistentes (SC, HV) y otras menos frecuentes pero más prolongadas e intensas (ED). Este tipo de análisis multidimensional permite una comprensión más profunda del comportamiento anómalo y puede guiar intervenciones más específicas.

Estos casos y estudios denotan la importancia de dar seguimiento a una tenencia responsable de animales de compañía como perros y gatos. Las separaciones repentinas o prematuras conllevan a varias problemáticas. El descuido del bienestar animal acompaña a patologías conductuales cada vez más complejas.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la dueña del perro que permitió el desarrollo del presente estudio y que accedió a que se fotografiara al ejemplar y el área de estudio.

REFERENCIAS

- Anzola, B. (2016). Trastorno obsesivo compulsivo en un perro. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 21(2), 33-7. <https://revistas.uclave.org/index.php/gcv/article/view/827>
- Barrera, G. L., Elgier, A. M., Jakovcevic, A., Mustaca, A. E., & Bentosela, M. (2009). Problemas de comportamiento en los perros domésticos (*Canis familiaris*): aportes de la psicología del aprendizaje. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Psicología; *Revista de Psicología*. 18(22), 123-146. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26412983007>
- Carreño Fernández de Córdoba, C. (2018). Diagnóstico situacional de problemas comportamentales que presentan los perros que asisten a la clínica veterinaria “snoopy” ubicada en la Concordia, mediante encuestas. Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8707>
- Casasola-Rivera, W. (2023) Asumir responsablemente una ética del cuidado animal: una reflexión sobre la condición social de los perros de compañía. *Investiga. TEC*. 16(46), 33-44. https://181.193.125.13/index.php/investiga_tec/article/view/6634/6406
- Isaza, C.M. (2021). Conductas compulsivas como indicadores de falta de bienestar animal en perros y gatos. *Relaciones humano-animal*. 74(Suplemento 1), 52-55. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/issue/view/5535/1672>
- Koscinczuk, P. (2017). Domesticación, bienestar y relación entre el perro y los seres humanos. *Revista Veterinaria*. (1), 78-87. <https://www.scielo.org.ar/pdf/revet/v28n1/v28n1a15.pdf>
- Linhares, V. L. V., Costa e Silva, A., Silva, M. & Bezerra, D. R. (2018). Use of positive training as treatment in dogs with behavioral anxiety disorders: cases report. *Pubvet*, 12(4) 1-9. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n4a61.1-9>
- Mariotti VM, Amat Grau M, Hervera Abad M, Baucells Sánchez MD, Manteca Vilanova X. (2009). Factores ambientales implicados en el control de la conducta del perro y del gato: dieta, manejo y ejercicio. *Clínica veterinaria de pequeños animales*. 29(4), 0209-215. <https://ddd.uab.cat/record/90400>
- Mentzel, R.E. (2006). Fisiopatología, diagnóstico y tratamiento de la ansiedad por separación en el perro. *Clínica veterinaria de pequeños animales*. 26(4), 0329-334. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/>

articulo?codigo=3471125

- Ragau, M.V. (2012). Trastornos compulsivos en perros y gatos. *Argos: Informativo Veterinario*, (136), 70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7329834>
- Rossi, D. (2005). Desarrollo de la conducta del cachorro hasta la edad juvenil. *Veterinaria (Montevideo)*, 40(158), 18-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7388191>
- Sánchez, E.S, Hernández, J.M. & Calle, M.M. (2019). Manual para la tenencia responsable de mascotas. *Fondo Editorial Biogénesis*, 55. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/337027/20792289>
- Talegón, M.I. & Delgado, B.A. (2009). Síndrome de ansiedad por separación. *Canis et felis*, 100, 76-81. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3079829>

Transferencia de embriones en el ganado bovino: Eficiencia reproductiva y evaluación económica en sistemas de producción en trópico seco

Embryo Transfer in beef cattle: Reproductive efficiency and economic assessment in productive systems under dry tropical conditions

Libia Ivonne Pérez-Torres^{1*}, Saul Briones-Olvera¹, María Lorena Torres-Rodríguez¹, Sandra Elizabeth Hernández-Méndez¹, Francisco Trejo-Meza², Jorge Loredó-Ostí¹

RESUMEN

La transferencia de embriones (TE) en sistemas de producción bovina ha mostrado limitaciones y desafíos para alcanzar su éxito, especialmente cuando se habla de lograr las gestaciones después de la TE, ya que esto impacta tanto indicadores reproductivos, productivos e incluso económicos. El objetivo del presente estudio fue determinar los factores asociados a los porcentajes de gestación entre hembras bovinas nulíparas y múltiparas sometidas a TE, así como la estimación económica de los servicios de TE en sistemas de producción de carne bajo condiciones de trópico seco. Se analizaron los registros de TE de 221 hembras, clasificadas en vacas nulíparas (n = 145) y vacas múltiparas (n = 76) cruzas *Bos taurus* y *Bos indicus*, mantenidas en un sistema extensivo. Los porcentajes de gestación entre múltiparas (33%) y nulíparas (30%) fueron iguales ($p > 0.05$), sin embargo, las nulíparas requirieron hasta tres servicios de TE para alcanzar los mismos porcentajes de gestación que las vacas múltiparas (OR = 2.31; IC 95% 1.28-4.16; $p = 0.005$). La valoración económica mostró una pérdida de hasta el 74% en gestaciones con un servicio y de 67% con tres servicios. La etapa del embrión transferido tuvo efecto en los porcentajes de gestación (OR = 1.92; IC 95%

ABSTRACT

Bovine embryo transfer (ET) has shown limitations and challenges in achieving success, especially when it comes to achieving pregnancy after ET, since this impacts reproductive, productive, and even economic indicators. The objective of this study was to determine the factors associated with pregnancy rates among nulliparous and multiparous bovine females as well as economic estimation of ET services in beef production systems under dry tropical conditions. We analyzed the ET records of 221 females, classified as nulliparous (n = 145) and multiparous cows (n = 76), crossbred *Bos taurus* and *Bos indicus*, maintained in an extensive system. The pregnancy rates between multiparous (33%) and nulliparous (30%) were no different ($p > 0.05$). However, nulliparous females needed up to three ET services to achieve the same pregnancy rate as multiparous females (OR = 2.31; 95% CI 1.28-4.16; $p = 0.005$). The economic assessment showed a loss of up to 74% in pregnancies treated with one service and 67% in pregnancies treated with three services. The stage of the transferred embryo had an effect on pregnancy rates (OR = 1.92; 95% CI 1.21-3.05; $p = 0.006$), whereas body condition, size, and position of the corpus luteum showed no effect ($p > 0.05$)

*Autor para correspondencia: liperez@uat.edu.mx

Fecha de aceptación: 13 de agosto de 2025

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

²Laboratorio FIV, Unión Ganadera Regional de Tamaulipas, Tamaulipas, México.

Fecha de recepción: 3 de julio de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

1.21-3.05; $p = 0.006$) mientras que la condición corporal, tamaño y posición del cuerpo lúteo no mostraron efecto ($p > 0.05$) sobre los porcentajes de gestación. Las hembras nulíparas requirieron hasta tres servicios de TE para lograr los mismos porcentajes de gestación que la multíparas, la mayor pérdida económica se observó al realizar hasta tres servicios de TE, mientras que la etapa del embrión fue el único factor predictor a lograr la gestación de las hembras.

Palabras clave: Costos de transferencia de embriones, porcentajes de gestación, vacas multíparas, vacas nulíparas.

on pregnancy rates. Nulliparous females required up to three TE services to achieve the same pregnancy rates as multiparous females. Therefore, the greatest economic loss was observed when up to three TE services were performed, and the embryo stage was the only predictive factor influencing pregnancy in females.

Keywords: Embryo transfer cost, pregnancy rates, multiparous cows, nulliparous cows.

INTRODUCCIÓN

El uso y desarrollo de tecnologías reproductivas en el ganado han permitido mejorar la productividad y rentabilidad de los hatos bovinos. Esto gracias al uso de la sincronización de celos, la inseminación artificial hasta llegar a técnicas más complejas como la producción in vitro y transferencia de embriones (Rosete Fernández et al., 2021).

En los sistemas de producción de bovinos, la transferencia de embriones (TE) ha contribuido en gran medida a la mejora genética y a la obtención de becerros con alto valor genético y productivo, con características seleccionadas o deseadas que se reflejaron en el embrión. Por lo tanto, para lograr que los sistemas de producción de carne sean eficientes, es necesario que cada vaca tenga un parto una vez al año. Para esto, la transferencia de embriones debe ser exitosa tanto en el contexto de la mejora genética, como en la eficiencia reproductiva, es decir, lograr que la hembra quede gestante después de la transferencia embrionaria. Sin embargo, la transferencia de embriones presenta limitaciones tanto en su aplicación como en su éxito, el cual es determinado por los porcentajes de gestación obtenidos.

Diversos estudios han evaluado los factores que influyen y determinan el éxito de la TE. Encontrando que los relacionados a la misma técnica, al estado nutricional y de salud de las hembras, así como a la temperatura ambiental (Wolfenson & Roth, 2019). También se ha relacionado a características del cuerpo lúteo, tipo y etapa del embrión a transferir (Spell et al., 2001) y características de las hembras donantes y receptoras (Roper et al., 2018). Estos factores han demostrado influir directamente en los porcentajes de gestación obtenidos por TE, los cuales de manera general rondan en el 65%, aunque algunos estudios reportan tasas de entre el 30 a 35% (García et al., 2019).

La transferencia embrionaria también ha sido evaluada desde el punto de vista económico, ya que es una de las técnicas que requieren una mayor cantidad de insumos, mano de obra, preparación y manejo de los animales, lo que hace que la rentabilidad de su aplicación varíe dependiendo de los objetivos y características de los sistemas de producción en donde se utilice (Mebratu et al., 2020; Sánchez et al., 2015). Por lo anterior es necesario evaluar los factores asociados al éxito o fracaso de la transferencia de embriones, así como estimar los costos y pérdida económica de la TE en los sistemas de producción de carne bajo condiciones de trópico seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los registros de los servicios de transferencia de embriones realizados por el Centro de Desarrollo de Capacidad Productiva y Mejoramiento Genético de la ganadería Dr. Jorge R. Arnáez Gómez de la Unión Ganadera Regional de Tamaulipas (Centro-UGRT), ubicado en las coordenadas 23°44'06" N; 99°07'51" O, a 327 msnm. Este sitio presenta un clima BS1 (h') hw clasificado como semiseco con lluvias en verano y una precipitación media mensual de 62.25 mm, una temperatura máxima de 45 °C y una mínima de 20 °C durante el verano y humedad relativa del 70% (INEGI, 2017). Los datos corresponden a los periodos de primavera-verano del 2019.

Los datos analizados incluyeron a un total de 221 hembras bovinas de cruce (*Bos taurus* x *Bos indicus*), las cuales fueron clasificadas en dos 2 grupos: nulíparas (n = 145) vaquillas de entre 22 y 24 meses sin partos y múltíparas (n = 76), vacas de entre 48 y 60 meses de edad con al menos dos partos. Las hembras fueron mantenidas durante los servicios reproductivos de transferencia de embriones en un sistema de producción extensiva en potreros de zacate Bufell (*Cenchrus ciliaris* L.) de temporal.

Manejo reproductivo de las hembras

Para el estudio se evaluaron las hembras consideradas como receptoras de la transferencia de embriones, las cuales cumplían con los siguientes criterios: presentar cuerpo lúteo (en respuesta a la sincronización) al momento del ultrasonido en cualquiera de los ovarios, estar vacías y clínicamente sanas. El manejo reproductivo fue el mismo tanto para hembras nulíparas como para múltíparas, el cual consistió en la sincronización, transferencia embrionaria y diagnóstico de gestación.

Sincronización de hembras

Previo a la transferencia de embriones el protocolo de sincronización consistió en la aplicación al día cero de un dispositivo intravaginal de 1900 mg de progesterona (CIDR, Pfizer®) y una inyección intramuscular (IM) de 2 mg de benzoato de estradiol (BE) (Estrol Loeffler, México). Al día 8 se retiró el dispositivo intravaginal y se aplicó 1 mg de cipionato de estradiol (ECP, Zoetis México) + 366 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) + 400 UI de cloprostenol sódico (Ciclase DL®).

Transferencia de embriones

La transferencia embrionaria se realizó nueve días después del retiro del dispositivo intravaginal (día 17). Al momento de la transferencia se realizó un diagnóstico reproductivo y una evaluación clínica a las hembras sincronizadas, con el fin de considerarlas candidatas a la transferencia embrionaria. Para ello se utilizó un ultrasonido Mindray DP-10, equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz, mediante el cual se realizó una ecografía transrectal. Este procedimiento permitió evaluar con precisión el estado reproductivo de las hembras, determinando que se encontraban vacías y ciclando. Se consideraron hembras receptoras aquellas que se encontraban sanas y ciclando, es decir, con presencia de cuerpo lúteo evidenciado mediante ultrasonografía.

Variables evaluadas durante la transferencia embrionaria

Las variables consideradas de las hojas de registro para el estudio fueron aquellas anotadas durante el procedimiento de la transferencia de embriones, las cuales fueron:

Condición corporal valorada en una escala de 1 a 9, donde 1 correspondió a vacas muy delgadas o emaciadas y 9 a vacas obesas (Wagner et al., 1988).

Calidad y ubicación de cuerpo lúteo (CL) clasificación de acuerdo con su tamaño en donde CL1 < 40 mm; CL2 entre 20 a 30 mm y CL3 < 20 mm (Rodríguez, 2017), así mismo se registró el sitio de presentación cuerpo lúteo: CLD en el ovario derecho y CLI en el ovario izquierdo.

Etapa de desarrollo del embrión al momento de la transferencia, para cada hembra se registró el tipo de embrión transferido, según su etapa de desarrollo: mórulas, blastocistos iniciales, blastocistos expandidos (Cutini et al., 2000).

Diagnóstico de gestación

Para evaluar la eficiencia de la transferencia embrionaria, se realizó el diagnóstico gestacional mediante ultrasonografía transrectal (Mindray DP-10, transductor lineal de 7.5 MHz) al día 35 post-transferencia, Se registró el estado de la hembra como gestante o vacía según el caso. Los datos de esta variable se analizaron como porcentajes de gestación totales y los porcentajes por grupo de hembras nulíparas o múltiparas.

Eficiencia de la transferencia de embriones

Para determinar la eficiencia en la transferencia de embriones se calcularon los porcentajes de preñez para cada grupo de vacas nulíparas y múltiparas y también de manera total. Se calculó en porcentaje (%) y se obtuvo dividiendo el número total de hembras gestantes entre el número total de hembras trasferidas.

Estimación Análisis de datos económicos

Se consideraron los costos calculados para los servicios de transferencia de embriones ya reportados en México (Sánchez et al., 2015) como valores aproximados de acuerdo con el porcentaje de gestación obtenido por las transferencias y el costo actualizado al 2025 ReproLogix TM.

El costo reportado según Sánchez et al. (2015) por servicio de TE fue de 620 USD (dólares americanos) por hembra y consideraban:

Costo A: Costos por vaca donante que incluye manejo hormonal, material de recolección de embriones, semen, servicios médicos veterinarios o técnicos, mano de obra y costos de la alimentación). B: Costos para vaca receptora mismo que incluye el manejo hormonal, material para transferir embriones, alimentación, servicios técnicos o médicos veterinarios y mano de obra. Los costos actualizados estimados por vaca receptora al 2025 fueron de 800 USD por hembra por transferencia de acuerdo con ReproLogix TM.

Ambos costos por servicio se estimaron se estimaron del mismo modo tanto para hembra nulíparas y múltiparas. Se multiplicó el costo individual de la TE por hembra por el total de hembras gestantes y vacías por servicio, este último se utilizó para estimar la pérdida económica por servicio al considerar hembras transferidas pero que no quedaron gestantes. También se calculó de manera acumulativa, multiplicando el costo total de los servicios de TE requeridos por hembra para alcanzar la gestación.

Análisis estadístico.

Las variables registradas fueron capturadas y ordenadas en una hoja de cálculo de Excel. Las variables condición corporal (1 a 9) y calidad de cuerpo lúteo (CL1, CL2 y CL3), la ubicación del CL (izquierdo o derecho) y etapa del embrión (mórula, blastocisto inicial, blastocisto expandido) y

resultado de gestación fueron consideradas como variables nominales, estas últimas expresadas en porcentajes. El número de servicios por hembra se mantuvo como variable cuantitativa. Los costos económicos por TE se calcularon por servicio por vaca y se proyectaron de manera acumulativa.

Para el análisis estadístico, se utilizó el programa estadístico SAS 9.4, realizando pruebas de Chi² para comparar los porcentajes de gestación entre de las receptoras primíparas y multíparas. Para las variables calidad y posición del cuerpo lúteo, posición de cuerpo lúteo, etapa del embrión y condición corporal se utilizó un análisis de regresión logística múltiple considerando como variable dependiente la gestación (éxito o fracaso) y como variable independiente el número de servicios requeridos para lograr la gestación.

Los costos económicos asociados a la transferencia embrionaria se calcularon por servicio por vaca y se proyectaron de manera acumulativa para cada caso, tomando como base los valores estimados y actualizados que fueron calculados.

RESULTADOS

La eficiencia de la transferencia embrionaria se determinó mediante de los porcentajes de gestaciones obtenidos en ambos grupos de vacas. Se obtuvo un 33% (25/76) de éxito para las hembras multíparas y un 30% (43/145) para las hembras nulíparas lo que no representó diferencias significativas ($p > 0.05$). Esto representó un porcentaje general de éxito en la TE del 30% de gestaciones (68/221) como se muestra en la Tabla 1.

■ Tabla 1. Porcentajes de gestación de hembras multíparas y nulíparas en cada servicio de transferencia de embriones

		Total hembras gestantes	Servicios de TE			Total hembras vacías
			1	2	3	
Multíparas	n = 76	33% (25/76)	100% (25/25)	0	0	67% (51/76)
Nulíparas	n = 145	30% (43/145)	39% (17/43)	56% (24/43)	4.5% (2/43)	70% (102/145)

Sin embargo, a pesar de no mostrar diferencias significativas en los porcentajes de gestación, para alcanzar estos porcentajes similares de gestación las hembras nulíparas necesitaron hasta tres servicios de transferencia de embriones mientras que las multíparas solo un servicio de transferencia siendo estadísticamente significativo (OR = 2.31; IC95 % 1.28-4.16; $p < 0.005$). Por lo tanto, de 68 vacas gestantes entre nulíparas y multíparas, el 26% (42 hembras) logró gestación con un solo servicio, el 44.5% (24 hembras) con dos servicios y el 33.5% (hembras) con tres servicios (Tabla 2).

Los costos estimados por hembra fueron de 620 a 800 USD por un servicio de TE estadounidenses considerando porcentajes de fertilidad del 30% y el valor actual al 2025 respectivamente. Para dos y tres servicios de TE fueron de 1,240 a 1,600 USD y de 1,860 a 2,400 USD respectivamente. Esto representa una pérdida económica estimada del 74% al primer servicio, de 56% con dos servicios y de 67% con tres servicios, ya que conforme los costos por hembras aumentan el número de hembras a servicio disminuyen.

■ Tabla 2. Variables reproductivas asociadas a los porcentajes de gestación.

Variable	Gestante		Vacía		Valor de <i>p</i>
	n	%	n	%	
N° de servicios					0.0401
Uno	42	26.1	119	73.9	
Dos	24	44.4	30	55.6	
Tres	2	33.3	4	66.7	
Etapas del embrión 1^{er} servicio (n = 221)					0.0861
Mórula	6	18.8	26	81.3	
Blastocito inicial	13	24.5	40	75.5	
Blastocito expandido	49	36.0	87	64.0	
Etapas del embrión 2^o servicio (n = 60)					0.3771
Blastocito inicial	8	57.1	6	42.9	
Blastocito expandido	18	39.1	28	60.9	
Etapas del embrión 3^{er} servicio (n = 6)					1.0002
Blastocito inicial	0	0.0	1	100.0	
Blastocito expandido	2	40.0	3	60.0	

Pruebas estadísticas utilizadas: 1= Chi cuadrada, 2 = Exacta de Fisher.

El costo total por lote se estimó en 26,040 a 33,600 USD con un servicio de TE, de 29,760 a 38,400 USD con dos servicios de TE, y de 3,720 a 4,800 USD con tres servicios de TE (Tabla 4).

La etapa de desarrollo del embrión al momento de la transferencia mostró un efecto significativo al observar mayores porcentajes de gestación cuando la TE se realizó con embriones en la etapa de blastocito expandido independiente del número de servicio realizado (OR = 1.92; IC 95% 1.21-3.05; *p* = 0.006; Tabla 2).

En lo que respecta a las variables como posición, calidad de cuerpo lúteo, así como la condición corporal no mostraron efecto significativo sobre los porcentajes de gestación (*p* > 0.05; Tabla 3).

■ Tabla 3. Variables reproductivas sin efecto en los porcentajes de gestación.

Variable	Gestante		Vacía		Valor de <i>p</i>
	n	%	n	%	
Calidad de cuerpo lúteo					0.1501
Regular	13	22.4	45	77.6	
Bueno	55	33.7	108	66.3	
Posición cuerpo lúteo					0.7661
Derecho	47	31.8	101	68.2	
Izquierdo	21	28.8	52	71.2	
	Media	D.E	Media	D.E.	
Condición corporal	8	57.1	6	42.9	

Pruebas estadísticas utilizadas: 1=Chi cuadrada, 3=t de Student

■ Tabla 4. Estimación de costos (\$USD) y pérdida económica (%) según el número de servicios de Transferencia de embriones (TE) por hembra bovina.

# de servicios de TE	# Vacas (gestantes / servidas)	Costos (USD)		Hembras gestante x servicio TE	Costo total	Pérdida económica %
		Costo por TE al 30% de fertilidad*	Costo con valor actualizado			
1	42/161	620	26,040	800	33600.00	74
2	24/54	1,240	29,760	1,600	38400.00	56
3	2/6	1,860	3,720	2,400	4800.00	67

Los costos por TE al 30% de fertilidad fueron considerados a lo reportado por (Sánchez et al., 2015);

DISCUSIÓN

Los porcentajes de gestación obtenidos en el presente trabajo fueron similares entre hembras nulíparas (30%) y hembras múltiparas (33%). Estos resultados concuerdan con lo reportado por García et al. (2019) quienes no encontraron diferencias significativas en los porcentajes de gestación entre nulíparas (62%) y múltiparas (85%). Sin embargo, otros autores mencionan que la edad de la vaca es un factor determinante del éxito de las gestaciones por transferencia de embriones, observando mejores resultados en vacas múltiparas (Zavaleta-Martínez et al., 2024).

Sin embargo los resultados globales de los porcentajes de la TE fueron del 30%, porcentajes menores a lo reportado en estudios en donde observaron hasta un 80% de gestaciones. Esta diferencia puede deberse a que esos estudios previos se realizaron en sitios con condiciones climáticas de trópico húmedo (García et al., 2019; Pérez-Mora et al., 2020) mientras que los nuestros se obtuvieron en condiciones de trópico seco, en donde las altas temperaturas y la humedad relativa pueden influir de manera negativa en la eficiencia reproductiva, ya que diversos autores han reportado que la temperatura es uno de los factores principales que afectan el éxito de las tecnologías reproductivas (Fernández-Novo et al., 2020). Sin embargo, estas variables climatológicas no fueron medidas en el presente trabajo.

En el presente estudio para obtener el 33% de gestación en hembras múltiparas solo fue necesario un servicio de TE, mientras que para alcanzar el 30% de gestación de las nulíparas se necesitaron hasta tres servicios de TE. Estudios anteriores ha descrito que un el número de servicios por concepción es de 1.5 servicios por concepción (Lammoglia-Villagómez et al., 2023), por lo que utilizar más de 2 servicios para alcanzar la gestación podría resultar poco rentable y menos productivo. Lo anterior se debe a que la estimación de costos acumulativos muestra que el costo por un servicio de TE por hembra fue de 620 a 800 USD, con dos servicios el costo se duplicó (1,240 a 1,600 USD), mientras que al tercer servicio se elevó de 1,860 a 2,400 USD por hembra. Esto representó una pérdida económica estimada al primer servicio de 74%, al segundo servicio de 56% y al tercer servicio de 67% de los costos totales de los servicios de transferencia de embriones considerando la proporción de hembras gestantes en cada caso.

Este análisis pone en evidencia la necesidad de evaluar cuidadosamente la rentabilidad de realizar múltiples servicios de TE en un mismo ciclo, ya que los costos de oportunidad pueden ser

significativos. Esto puede representar un pro y contra del número de servicios de TE ya que la consideración de no gestar una hembra y esperar un siguiente empadre también representa gastos y pérdidas ya que por otro lado una vaca que no pario en un año representa una pérdida de 359 USD (Torres-Aburto et al., 2020). Esto debe proyectarse al total de animales no gestantes en ese empadre o ciclo. Por lo tanto, en ambos casos los costos de mantenimiento (alimentación, sanidad, manejo y administración) se deberán de considerar de manera integral.

En lo que respecta a los factores reproductivos que determinaron los porcentajes de gestación, la etapa de desarrollo del embrión al momento de la TE, determinó la gestación ya que se observó un mejor resultado en vacas transferidas con blastocisto expandidos. Esto concuerda con estudios previamente reportados por diversos autores (Erdem et al., 2020; Ferraz et al., 2016; Pérez-Mora et al., 2020). Lo anterior respalda la conclusión de Gonella-Díaz et al. (2013) y Siqueira et al. (2009) quienes señalaron que la etapa del embrión transferido es un factor clave y predictor del éxito de la transferencia de embriones.

La condición corporal no mostró efecto en los porcentajes de gestación. Esto puede deberse a que en promedio las hembras mostraron una CC de 4, misma que es considerada óptima para lograr gestaciones exitosas mediante transferencia de embriones (Lonney et al., 2006).

Finalmente, los factores como calidad y posición del cuerpo lúteo al momento de la transferencia no mostraron efecto en los resultados de porcentajes de gestación lo que concuerda con trabajos reportados previamente, en donde estos factores considerados como factores intrínsecos al momento de la TE no afectaron los porcentajes de gestación (Siqueira et al., 2009; Zavaleta-Martínez et al., 2024). No obstante, otros estudios difieren con nuestros resultados ya que mencionan una asociación entre los porcentajes de preñez y el diámetro del cuerpo lúteo mostrando una tasa de preñez del 39.7% en hembras con CL > 20 mm mientras que hembras con CL de 14 mm fue de 24.2% (Gonella-Díaz et al., 2013). Aunque en este estudio no se observó este efecto, el cuerpo lúteo al momento de la transferencia sigue siendo un criterio fundamental para la selección de hembras receptoras debido a su importancia hormonal, ya que Spell et al. (2001) mostraron una correlación directa entre el diámetro del CL y la concentración plasmática de progesterona, hormona esencial para el mantenimiento de la gestación.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio mostraron que las hembras nulíparas requirieron hasta tres servicios de TE para alcanzar porcentajes de gestación similares a los obtenidos en hembras múltiparas, las cuales lograron la gestación con un solo servicio. Un mayor número de servicios en nulíparas implicó una mayor pérdida económica especialmente cuando se realizan hasta tres servicios de TE.

La etapa de desarrollo del embrión al momento de la transferencia resultó ser un factor predictor significativo del éxito de las gestaciones. Por lo tanto, se recomienda i) limitar la transferencia hasta un máximo de dos servicios de TE por hembra en un mismo ciclo reproductivo para optimizar la rentabilidad del sistema; ii) seleccionar embriones con mayor grado de desarrollo, preferentemente blastocistos expandidos, en la transferencia embrionaria para aumentar las probabilidades de gestaciones exitosas. Estas consideraciones son clave para mejorar la eficiencia reproductiva y económica de los programas de transferencia embrionaria en condiciones de trópico seco.

REFERENCIAS

- Erdem, H., Karasahin, T., Alkan, H., Dursun, S., Satilmis, F., & Guler, M. (2020). Effect of embryo quality and developmental stages on pregnancy rate during fresh embryo transfer in beef heifers. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2541-2547. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02287-6>
- Fernández-Novo, A., Pérez-Garnelo, S. S., Villagrà, A., Pérez-Villalobos, N., & Astiz, S. (2020). The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle-A review. *Animals*, 10(11), 2096. <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
- Ferraz, P. A., Burnley, C., Karanja, J., Viera-Neto, A., Santos, J. E. P., Chebel, R. C., & Galvão, K. N. (2016). Factors affecting the success of a large embryo transfer program in Holstein cattle in a commercial herd in the southeast region of the United States. *Theriogenology*, 86(7), 1834-1841. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.032>
- García, E. C., Mendoza Medel, G., Pineda Burgos, B., Romero, P., Hernández Ruiz, P. E., Vicente Pérez, R., Valencia Franco, E., & Ponce, J. L. (2019). Parity does not affect the reproductive response of Suizo Americano cows submitted to embryo transference in tropical areas of Guerrero. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2). <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/887>
- Gonella-Díaz, A. M., Holguín, G., Montaña, D., & Valbuena, D. (2013). Corpus luteum diameter and embryo developmental stage are associated with pregnancy rate: data analysis from 17,521 embryo transfers from a commercial *in vitro* bovine embryo production program. *Animal Reproduction*, 10(2), 106-111.
- Hansen, P. J. (2020). The incompletely fulfilled promise of embryo transfer in cattle-Why aren't pregnancy rates greater and what can we do about it? *Journal of Animal Science*, 98(11), skaa305. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa288>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2017. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825094928>
- Lammoglia-Villagómez, M. Á., Martínez-De la Cruz, C., Sánchez-Montes, D. S., Avalos-Rosario, I. I., & Chagoya-Fuentes, J. L. (2023). Desempeño reproductivo de hembras bovinas utilizadas únicamente como receptoras en un programa de transferencia de embriones en el trópico cálido-subhúmedo. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 11(2), 59-68. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v11i2.489>
- Looney, C. R., Nelson, J. S., Schneider, H. J., & Forrest, D. W. (2006). Improving fertility in beef cow recipients. *Theriogenology*, 65(1), 201-209. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.023>
- Mebratu, B., Fesseha, H., & Goa, E. (2020). Embryo transfer in cattle production and its principle and applications. *International Journal of Pharmacy & Biomedical Research*, 7(1), 40-54.
- Pérez-Mora, A., Segura-Correa, J. C., & Peralta-Torres, J. A. (2020). Factors associated with pregnancy rate in fixed-time embryo transfer in cattle under humid-tropical conditions of México. *Animal Reproduction*, 17(2), e20200007. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0007>
- Roper, D. A., Schrick, F. N., Edwards, J. L., Hopkins, F. M., Prado, T. M., Wilkerson, J. B., & Smith, W. B. (2018). Factors in cattle affecting embryo transfer pregnancies in recipient animals. *Animal Reproduction Science*, 199, 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.10.012>
- Rosete Fernández, J. V., Álvarez Gallardo, H., Urbán Duarte, D., Fragozo Islas, A., Asprón Pelayo, M. A., Ríos Utrera, Á., Pérez Reynozo, S., & de la Torre Sánchez, J. F. D. L. (2021). Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), 39-78. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5918>

- Sánchez, Z., Lammoglia, M. A., Alarcón, M. A., Romero, J. J., & Galina, C. S. (2015). Is the production of embryos in small-scale farming an economically feasible enterprise? *Reproduction in Domestic Animals*, 50(4), 574-579. <https://doi.org/10.1111/rda.12526>
- Siqueira, L. G., Torres, C. A., Souza, E. D., Monteiro, P. L., Jr, Arashiro, E. K., Camargo, L. S., Fernandes, C. A., & Viana, J. H. (2009). Pregnancy rates and corpus luteum-related factors affecting pregnancy establishment in bovine recipients synchronized for fixed-time embryo transfer. *Theriogenology*, 72(7), 949-958. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.013>
- Spell, A. R., Beal, W. E., Corah, L. R., & Lamb, G. C. (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology*, 56(2), 287-297. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00563-5](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00563-5)
- Torres-Aburto, V. F., Domínguez-Mancera, B., Vázquez-Luna, D., & Ortiz, V. E. E. (2020). Costo del intervalo interparto en la producción bovina tropical del sureste de México. *Agro Productividad*, 13(7), 45-51. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1651>
- Wolfenson, D., & Roth, Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32-38. <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>
- Zavaleta-Martínez, A., Barrientos-Morales, M., Medina, V. A., Rodríguez-Andrade, A., Cervantes-Acosta, P., Hernández-Beltrán, A., Avendaño-Reyes, L., & Domínguez-Mancera, B. (2024). Evaluation of intrinsic and extrinsic factors affecting pregnancy rate in dual-purpose cows under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 56(4), 163. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04016-9>



Comparación de parámetros reproductivos en bovinos bajo dos sistemas de producción de leche familiar-traspatio del Bajío

Comparison of reproductive parameters in cattle under two smallholder dairy systems in the Bajío

Miguel Ruiz-Albarrán¹, Ricardo Avilés-Ruiz^{2*}, Oscar Guadalupe Barrón-Bravo²,
Abner Josué Gutiérrez-Chávez³

RESUMEN

El anestro posparto es un estado patológico de la vaca caracterizado por ser prolongado en los sistemas familiar-traspatio. Este provoca que los intervalos entre parto sean mayores a un año. El objetivo de presente estudio fue comparar los parámetros reproductivos de dos sistemas lecheros familiar-traspatio del Bajío mexicano. El estudio fue retrospectivo, se utilizaron los registros del periodo 2018 a 2024 del hato 1 y del 2019 al 2024 del hato 2. Se comparó el intervalo entre partos de 92 y 40 registros, los días abiertos de 168 y 77 registros del hato 1 y 2, respectivamente y el costo del servicio de inseminación, utilizando una prueba de T-Student. Así como, el porcentaje de vacas gestantes, servicios por concepción, fertilidad al primer, segundo y tercer servicio, utilizando la prueba de chi cuadrada. Los resultados mostraron que no existió diferencia entre las variables evaluadas de los hatos ($p > 0.05$). Sin embargo, para el costo reproductivo si encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre el hato 1 ($\$743 \pm 29$) y el hato 2 ($\357 ± 40; $p < 0.05$). En conclusión, los parámetros reproductivos fueron similares en los hatos evaluados. No obstante, el costo fue diferente entre los hatos.

Palabras clave: bovinos leche, granja rentable inseminación artificial, registros.

*Autor para correspondencia: aviles.ricardo@inifap.gob.mx

Fecha de aceptación: 13 de agosto de 2025

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

²Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP Km 55 carretera Tampico-Mante, Altamira, Tamaulipas, México.

³División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato Ex Hacienda El Copal, Irapuato, Guanajuato, México.

ABSTRACT

Postpartum anestrus is a pathological condition in cows characterized by prolonged intervals between calving in family backyard systems. This causes the intervals between calving to exceed one year. The objective of this study was to compare the reproductive parameters of two family backyard dairy systems in the Bajío region of Mexico. The study was retrospective, using records from 2018 to 2024 for herd 1 and from 2019 to 2024 for herd 2. Calving intervals of 92 and 40 records, days open of 168 and 77 records from herds 1 and 2, respectively, and the cost of the insemination services were compared, using a Student t-test. The percentage of pregnant cows, services per conception, and fertility at the first, second, and third services were compared, using a chi-square test. The results showed that there was no difference between the variables evaluated for the herds ($p > 0.05$). However, differences were found in reproductive cost ($p < 0.05$) between herd 1 ($\$743 \pm 29$) and herd 2 ($\357 ± 40; $p < 0.05$). In conclusion, the reproductive parameters were similar in the herds evaluated. However, the cost differed between herds.

Keywords: dairy cattle, profitable farm, artificial insemination, records.

Fecha de recepción: 22 de julio de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

INTRODUCCIÓN

El desempeño reproductivo es un factor determinante en la rentabilidad de los hatos lecheros. El uso de parámetros reproductivos se utilizan como indicadores del éxito, tanto en lo reproductivo, productivo, económico como en el bienestar animal. Estos presentan limitaciones, especialmente en los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Adicionalmente, estos sistemas enfrentan grandes desafíos para ajustarse a los parámetros productivos y reproductivos actuales, entre ellos la necesidad de producir hembras de reemplazo de menor edad y reducir el intervalo entre partos (Avilés-Ruiz et al., 2024). Todo ello, en comparación con los sistemas intensivos especializados que están localizados, principalmente en el norte de México. Tienen definidos los parámetros reproductivos, por ejemplo: la edad a primer parto, el intervalo entre parto y parto, los días abiertos y el número de servicios por concepción (Santos et al., 2025).

Se ha reportado limitada información, incluso está no se encuentra actualizada sobre los parámetros reproductivos provenientes de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. La existente ha identificado el manejo reproductivo como una de las principales causas que afectan la rentabilidad de la actividad lechera. Esto se asocia a factores como la detección y observación del celo, así como al uso de la inseminación artificial o monta natural dentro de los primeros 110 y hasta 180 días postparto (Vázquez-Selem et al., 2016). Así, el intervalo entre parto y parto se extiende más allá de lo deseado y esto provoca la reducción de la producción de leche. Este fenómeno viene acompañado por pérdidas económicas (Santos et al., 2025).

Un manejo reproductivo ineficiente tiene un efecto directo en la productividad de los establos lecheros. Esto provoca un aumento del descarte de animales, disminución del número de reemplazos y un incremento en los gastos operativos relacionados con la monta natural o la inseminación artificial. Conocer los parámetros productivos y reproductivos de los animales en los sistemas familiar-traspatio en México proporciona información a técnicos, investigadores y empresas proveedoras de insumos. También, existen problemáticas que se deben atender para lograr que sean rentables. Sin embargo, registrar la información de los eventos reproductivos resulta una carga más para el productor en los sistemas familiar-traspatio, dado que éste, desempeña las labores de ordeño, alimentación y de manejo del hato (González-Orozco, 2022). Aunado a esto, el contar con inventarios ganaderos pequeños no resulta costeable para contratar personal.

Generalmente los sistemas familiar-traspatio no están constituidos como empresas, sino como unidades de subsistencia. Por eso la rentabilidad del negocio es baja y las actividades pecuarias son desempeñadas por los integrantes de la familia (Lozano-Domínguez et al., 2025). Sin embargo, se encuentran dedicados a la labor del día a día, descuidando aspectos que pueden incrementar dicha rentabilidad, por ejemplo, los registros reproductivos y productivos, los cuales dan origen a la evaluación de los parámetros reproductivos (Galina & Geffroy, 2023). En este sentido, Espinosa-Martínez et al. (2025) reportaron en este tipo de sistemas de producción una pérdida en la producción de leche de aproximadamente 3.2 kg/día, durante la lactancia temprana, debido solamente a la retención de membranas fetales, así también 1069 kg de leche menos por lactancia en vacas multíparas que requirieron algún tipo de asistencia en el parto, como en los distócicos. De hecho, los parámetros reproductivos son los datos obtenidos de la anotación de eventos como: la fecha de parto y fecha del servicio ya sea inseminación artificial o monta natural, además de los mencionados anteriormente (retención de placenta y asistencia al parto) en las vacas de la unidad de producción pecuaria. Dichos parámetros sirven para el análisis de las variables reproductivas importantes y

muestra información objetiva y clara del funcionamiento general del sistema de producción. Por lo tanto, son de gran valor en la toma de decisiones para modificar cualquier manejo o técnica reproductiva que no esté dando resultados e influya negativamente en la rentabilidad. Por lo anterior, es de gran importancia monitorear todas las actividades reproductivas, por insignificantes que parezcan, para que posteriormente la información sea procesada, analizada, evaluada e interpretada. En este sentido, la evaluación de la eficiencia reproductiva del sistema familiar-traspatio permite determinar si se está llegando a la meta de una reproducción eficiente (González-Orozco, 2022). El objetivo del presente estudio fue comparar los parámetros reproductivos de dos sistemas familiar-traspatio del Bajío mexicano.

METODOLOGÍA

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en dos hatos del sistema familiar-traspatio de los municipios de Irapuato (hato 1) y Abasolo (hato 2), Guanajuato, México. Estos lugares presentan un clima cálido y templado, donde la temperatura varía de 8° C a 35 °C con una media de 19.3 °C y una altura con respecto al nivel del mar de 1,760 metros con precipitaciones promedio de 697 mm (figura 1; INEGI, 2009).



■ Figura 1. Localización geográfica de los hatos estudiados en bovinos de dos sistemas de producción de leche familiar-traspatio del Bajío, México.

Manejo general de los animales

Las razas que predominaron en los hatos estudiados fueron Holstein puras (80%) y en menor proporción cruza con Jersey y Suizo Americano (20%). El manejo tradicional de los animales en ambos hatos de los sistemas familiar-traspatio en la región de estudio consiste en: estabulación todo el año; suplementación de minerales comerciales; dos ordeños al día (7:00 y 17:00 h); las vacas en producción se alimentan con forraje que consiste de heno de alfalfa y esquilmo de maíz, durante algunas temporadas se les brinda desechos de brócoli, coliflor y espárrago, los cuales provienen

de plantas empacadoras de alimentos, además, se les proporciona alimento concentrado comercial o grano de maíz molido de 1-5 kg/día. El periodo seco consiste en ocho semanas alojadas en otro corral, con una dieta a base de esquilmo de maíz y desechos de la planta de alimentos. En cuanto al manejo sanitario, se administra vitamina ADE (una vez/año); bacterinas para prevenir enfermedades clostridiales (carbón sintomático, edema maligno, hepatitis necrótica infecciosa, enterotoxemia), pasteurelisis, infecciones por *Mannheimia haemolytica* e *Histophilus somni* (una vez/año); desparasitante en vacas secas y becerras (una vez/año), también, bacterina contra leptospirosis (inactivada) y contra brucelosis.

Se analizó la información correspondiente a los registros reproductivos del periodo 2018 a 2024, encontrándose un total de 78 registros de vacas, por lo menos algún dato por vaca (fecha de parto o alguna fecha de inseminación) del hato 1, así como los registros reproductivos de los años 2019 a 2024, con un total de 62 registros de vacas, por lo menos algún dato por vaca (fecha de parto o alguna fecha de inseminación) del hato 2. Los registros incompletos y los abortos no fueron considerados en este estudio, por lo que la base de datos quedó de la siguiente manera: un número total de registros completos para el análisis de intervalo entre parto de 92 y 40 para el hato 1 y 2, respectivamente y para el análisis de días abiertos fueron 168 y 77 para el hato 1 y 2, respectivamente. Así, de los registros primarios (en papel), se capturaron y generaron bases de datos en hojas de cálculo del programa Excel de Microsoft. Se integró para el análisis, los registros de la identificación de la vaca, fecha de parto, así como la fecha de inseminación (primera, segunda, tercera, y consecuentes). Cabe señalar, que dichos registros son utilizados por los productores únicamente para saber cuándo secar la vaca y cuánto pagar al técnico inseminador que presta el servicio. La reproducción de las vacas durante el periodo de estudio se efectuó solamente por inseminación artificial en ambos hatos, con detección de estro natural, resultando la vaca inseminada por la tarde, la que presentó estro en la mañana e inseminada por la mañana la vaca que presentó estro por la tarde anterior.

Variables evaluadas

Mediante las fechas de parto se calculó el intervalo entre partos. Los días abiertos se calcularon mediante las fechas de parto y la fecha de inseminación en la cual la vaca logró una gestación. La determinación del porcentaje de vacas gestantes fue realizada por palpación rectal y fue hecha por un técnico especializado, por única ocasión el día 1 de mayo de 2024 a todas las vacas con más de 38 días post-inseminación, las cuales fueron 54 en el hato 1 y 41 en el hato 2. Es importante mencionar que dichas cifras no coinciden con el número de registro dado que en el momento de la palpación los ranchos solamente contaban con esos vientres.

La fertilidad se describió como el porcentaje del número total de vacas preñadas en el hato con respecto al número total de hembras en el hato. Posteriormente, se modificó el término como la proporción de vacas que pueden quedar preñadas del total de vacas elegibles para inseminación con un ciclo estral activo y normal. Este es expresado como la tasa de preñez o gestación y en algunos casos se conoce como tasa de concepción, esto no es del todo correcto, dado que puede ocurrir la concepción, sin embargo, puede ocurrir una muerte embrionaria temprana (antes de la implantación) y es donde el productor no puede evaluar de forma práctica.

Fertilidad al primer servicio, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fertilidad al primer servicio} = \frac{(\text{Número de vacas que quedaron preñadas en el primer servicio})}{(\text{Total de vacas que fueron servidas por primera vez})} \times 100$$

Fertilidad al segundo servicio, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fertilidad al segundo servicio} = \frac{(\text{Número de vacas que quedaron preñadas en el segundo servicio})}{(\text{Total de vacas que fueron servidas por segunda vez})} \times 100$$

Fertilidad al tercer servicio, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fertilidad al tercer servicio} = \frac{(\text{Número de vacas que quedaron preñadas en el tercer servicio})}{(\text{Total de vacas que fueron servidas por tercera vez})} \times 100$$

Costo del servicio. En lo que concierne al costo reproductivo, los productores registraron el costo por inseminación, el cual incluyó la pajilla de semen nacional, material, medicamentos, mano de obra y costo de transporte de la ubicación del técnico a la unidad de producción.

Análisis estadísticos

Se realizó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a las variables intervalo entre partos y días abiertos, como resultaron no normales, se procedió a realizar la transformación de arco tangente y raíz cuadrada, respectivamente con el objetivo de utilizar pruebas de estadística paramétrica. Sin embargo, los resultados de las medias de mínimos cuadrados y el error estándar fueron presentados como valores de las variables sin transformación para un mejor entendimiento. Además, para determinar diferencia estadística del intervalo entre partos y días abiertos entre los hatos, se realizó una prueba de T-Student. Así como una prueba de chi cuadrada para porcentaje de vacas gestantes, fertilidad al primer, segundo y tercer servicio. Finalmente, mediante una prueba de U de Mann-Whitney se compararon los servicios por concepción. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico Statgraphics centurión v18.

RESULTADOS

Los resultados del presente estudio fueron los siguientes: se puede considerar que en ambos hatos se llevan prácticas de manejo similares, particularmente en el área de la reproducción. De las variables reproductivas seleccionadas, se registró que las medias de los intervalos entre partos fueron para el hato 1, 429 ± 9 días, mientras que para el hato 2, 446 ± 19 días. En el caso de los días abiertos, se registraron 152 ± 7 días (hato 1) y 140 ± 8 días (hato 2). Con respecto al porcentaje de vacas gestantes, entre los hatos 1 y 2, se observó un 64.81% y 58.53%, respectivamente, al momento del diagnóstico de gestación mediante la palpación transrectal. Es preciso señalar que no se detectaron diferencias significativas en las variables descritas ($p > 0.05$). En cuanto al costo reproductivo calculado, se registró una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el hato 1 ($\$743 \pm 29$) y el hato 2 ($\357 ± 40).

■ Tabla 1. Parámetros reproductivos en dos hatos del sistema familiar-traspatio en el Bajío, México.

Parámetro	Hato 1	Hato 2	p =valor
Número de registros de vacas	78	62	-
Intervalo entre partos (días)	429 ± 9	446 ± 19	0.4011
Días abiertos	152 ± 7	140 ± 8	0.3363
Servicios/concepción	1.61	1.38	0.6864
Vacas gestantes (%)	64.81 (35/54)	58.53 (24/41)	0.5321
Fertilidad al primer servicio (%)	77 (199/260)	74 (115/155)	0.3952
Fertilidad al segundo servicio (%)	46 (28/61)	73 (29/40)	0.0753

Parámetro	Hato 1	Hato 2	<i>p</i> =valor
Fertilidad al tercer servicio (%)	64 (21/33)	82 (9/11)	0.2343
Costo reproductivo/gestación (\$MXN)	743 ± 29	357 ± 40	0.0000

DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de comparación de medias de los parámetros intervalo entre partos y días abiertos entre el hato 1 y hato 2 (429 ± 9 vs 446 ± 19 y 152 ± 7 vs 140 ± 8 , respectivamente), revelaron que no existió diferencia significativa ($p > 0.05$), a excepción del costo por servicios (743 ± 29 vs 357 ± 40 ; $p < 0.05$) en cuestiones reproductivas que incluyó principalmente: diagnóstico de gestación, inseminación y tratamientos de infecciones intrauterinas. Además, estas medias resultaron semejantes a lo reportado en la misma región por González-Orozco (2022), quién obtuvo en bovinos un promedio de 435 días de intervalo entre partos. De forma diferente, Ríos-Mohar et al. (2022) reportaron un promedio de 381 días en los sistemas intensivos en la región lagunera en el Norte de México y Avilés-Ruiz et al. (2023) 485 ± 15 días en la región Huasteca de México, en ganado doble-propósito. Aun cuando, este parámetro no es contundente para decir si un hato es eficiente reproductivamente, dado que no considera aquellos partos de vacas que se mandaron al rastro antes de parir, vacas por muerte natural, entre otros, al compararse dicho parámetro con el sistema intensivo, donde se realizan registros reproductivos de manera rigurosa y el manejo es más estricto y homogéneo (Ríos-Mohar et al., 2022), el sistema familiar-traspatio resulta en un mayor número de días. Lo anterior significa que una vaca en el sistema familiar-traspatio se retrasa casi 2 meses más (65 días hato 1 y 48 días hato 2) en lograr la gestación después del parto en comparación con el sistema intensivo-especializado. Al respecto, Avilés-Ruiz et al. (2022) publicaron que el retorno a la ciclicidad ovárica en vacas doble-propósito se ve afectado por las deficiencias nutricionales. Probablemente en la dieta utilizada en los sistemas familiar-traspatio de este estudio no esté balanceada, en comparación con los sistemas intensivos.

El porcentaje de vacas gestantes en el hato resultó mayor que el porcentaje reportado por Ríos-Mohar et al. (2022), con un rango de 12-15%, dado que, en este sistema el manejo reproductivo, generalmente incluye la sincronización de estros y la inseminación artificial a tiempo fijo, en comparación con el presente estudio donde sólo se aplica la inseminación artificial a estro natural. Además, en los sistemas familiar-traspatio los productores no contabilizan el tiempo que transcurre del parto al tiempo que se le asigna a la vaca (60 ± 11 ; periodo voluntario de espera Ríos-Mohar et al., 2022) para inducir la ovulación y darle servicio después del parto. Es común, en los sistemas familiar-traspatio, que las vacas reanuden su actividad ovárica naturalmente, sin importar el tiempo que esto se prolongue (González-Orozco, 2022). No obstante, en los sistemas intensivos-especializados, esta actividad ovárica es inducida por la administración exógena de análogos de las prostaglandinas y GnRH (Cardoso-Consentini et al., 2021).

La diferencia del costo reproductivo entre los hatos evaluados no se debió al precio de la pajilla de semen, porque en ambos hatos se utilizaron pajillas de semen de toros nacionales con un rango de costo de \$70-100/pajilla. Sin embargo, el costo de mano de obra del técnico fue mayor en el hato 1 en comparación con el hato 2. El técnico inseminador que asistió al hato 1 mantuvo una tarifa mayor de costo por servicio en comparación con el técnico que asistió el hato 2, ya que este último, tenía un gasto menor, porque se consideró el costo de servicios profesionales del técnico inseminador en base a sus gastos de transporte. Además, se consideraron los costos por tratamientos de infecciones uterinas postparto y el costo de diagnóstico de gestación por palpación rectal en ambos hatos.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio retrospectivo, se concluye que los parámetros reproductivos de dos sistemas familiar-traspatio fueron similares en los hatos evaluados. Sin embargo, se requiere continuar registrando los eventos reproductivos en los hatos para lograr generar una información más robusta. Al mismo tiempo, utilizar programas (softwares) que faciliten dicha tarea al productor.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de ambas unidades de producción de bovinos de leche y sus familias por las facilidades brindadas para el estudio de sus hatos.

REFERENCIAS

- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O.G., Gutiérrez-Chávez, A.J., & Ruiz-Albarrán, M. (2024). Principales sistemas de producción de leche de bovinos en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 1(2), 32-47. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.16>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O.G., Alcalá-Rico, J.S.G.J., Salinas-Chavira, J., Flores-Nájera, M.J., & Ruiz-Albarrán, M. (2022). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico Veterinario*, 12, 1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O.G., Ruiz-Albarrán, M., & Garza-Cedillo, R.D. (2023). Parity affects calving interval in dual-purpose cattle in the Mexican tropics. *The Pharma Innovation Journal*, 12, 01-04. <https://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2023&vol=12&issue=3&ArticleId=18792>
- Camacho-Vera, J.H., Cervantes-Escoto, F., Palacios-Rangel, M.I., Cesín-Vargas A., & Ocampo-Ledesma, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4191>
- Cardoso-Consentini, C.E., Wilbank, M.Ch., & Santori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals*, 11, 301. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11020301>
- Espinosa-Martínez, M.A., Vera-Ávila, H.R., Estrada-Cortés, E., Ruiz-López, F.J., & Montiel-Olguín, L.J. (2025). Effects of assisted calving and retained fetal membranes on milk production in the smallholder farming system. *Veterinary and Animal Science*, 27, 100418. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2024.100418>
- 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, 2224. <https://doi.org/10.3390/ani13132224>
- González-Orozco, T.A. (2022). XVI Seminario de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en el estado de Querétaro. Indicadores productivos y reproductivos de referencia en lechería familiar en Guanajuato. Disponible en: https://youtu.be/A1nIXg2Oi_M
- INEGI. (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica municipal. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Lozano-Domínguez, R.R., Aréchiga-Flores, C.F., Cortés-Vidauri, Z., Rincón-Delgado, M., Rochín-Berumen, F., & Mejía-Haro, I. (2025). Characterization of family dairy systems in the

state of Aguascalientes, Mexico, based on social variables, agricultural-livestock variables, and productivity. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 16(2), 275-289. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i2.6686>

- Ríos-Mohar, J.A., López-Díaz, C.A., Hernández-Cerón, J., & Trueta-Santiago, R. (2022). Economic analysis of different pregnancy rates in dairy herds under intensive management. *Veterinaria México OA*, 9, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.631>
- Santos, J.B.D., Freitas, B.W.D., Obando, I.A.M., Oliveira, N.D.D., Penitente-Filho, J.M., Moreira, M.V.C., & Guimarães, J.D. (2025). Reproductive traits and economic aspects on dairy cattle. *Animal Reproduction*, 22(1), e20240050.
- Vázquez-Selem, E. Aguilar-Barradas, U., & Villagómez-Cortés, J.A. (2016). Comparación de la eficiencia productiva y económica de grupos ganaderos organizados de doble propósito y de lechería familiar/semiespecializada. *Ciencia Administrativa*, 1, 226-237.



Requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*): una revisión

Nutritional requirements of domestic turkey (*Meleagris gallopavo*): a review

Alejandro Vargas-Cornejo¹, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega*¹,
Alejandro Rodríguez-Ortega¹, Elba Ronquillo de Jesús¹

RESUMEN

El guajolote (*Meleagris gallopavo*), es un ave doméstica, que ha sido aprovechada por su capacidad forrajera y rendimiento productivo, la carne representa ser una proteína de alto valor nutricional y el huevo ofrece una composición óptima de aminoácidos y ácidos grasos omega seis y omega tres, benéficos para la dieta humana. La crianza de esta especie es conocida como meleagricultura, es una actividad adecuada para practicarse por pequeños productores. Su producción se adapta al sistema de producción intensivo, semi extensivos y extensivo. El objetivo de esta revisión fue sintetizar y analizar la literatura sobre las etapas fisiológicas del guajolote y las raciones alimenticias ofrecidas en investigaciones realizadas en distintos países. Esto permitió identificar los requerimientos nutricionales esenciales en cada etapa de producción. A pesar de la rusticidad del guajolote, resistencia a enfermedades, instinto omnívoro y forrajero, persiste la escasez de investigación nutricional adaptada a las diversas zonas geográficas y sistemas de producción. En base a lo anterior, se requiere realizar investigaciones que diluciden los insumos más apropiados para la alimentación de esta especie.

Palabras clave: etapas fisiológicas, guajolote, nutrición

ABSTRACT

Domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*) are valued for their foraging ability and productive yield. Its meat offers high nutritional value, and its eggs provide an optimal composition of amino acids and beneficial omega-3 and omega-6 fatty acids for human diets. Turkey farming, known as meleagriculture, is a suitable activity for small-scale producers, adapting well to intensive, semi-extensive, and extensive production systems. The objective of this review was to synthesize and analyze the literature on the physiological stages of turkeys and the feed ratios used in research conducted across different countries. This allowed the identification of the essential nutritional requirements at each production stage. Despite the robustness, disease resistance, omnivorousness, and foraging instincts of turkeys, there is a persistent lack of nutritional research adapted to diverse geographical zones and production systems. Further research is needed to elucidate the most appropriate feed inputs for this species.

Keywords: physiological stages, turkey, nutrition

*Autor para correspondencia: ltrodriguez@upfim.edu.mx

Fecha de aceptación: 21 de julio de 2025

Fecha de recepción: 1 de mayo de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

INTRODUCCIÓN

El guajolote (*Meleagris gallopavo*), es un ave que ha sido aprovechada tradicionalmente por su actividad diurna, capacidad forrajera y buen rendimiento productivo. Su carne puede considerarse un alimento funcional a causa del aporte proteico y de ácidos grasos omega seis y omega tres, benéficos para la dieta humana (Al-Shadeedi, 2020). En México, la producción de estas aves se remonta a la época precolombina, en donde la cultura azteca y maya la domesticaron (Rodríguez Licea et al., 2021). Actualmente, la crianza de esta especie, conocida como meleagricultura, representa un sustento para familias en áreas rurales y conurbadas, que naturalmente operan con recursos limitados (alojamiento, equipo y manejo). Su propósito principal es la producción de carne, valorada para la elaboración de platillos regionales en festividades decembrinas (Paramasivam et al., 2012).

Perezgrovas Garza et al. (2020) describen diversos sistemas de producción del guajolote con diferencias en las características de su alimentación. Los individuos en confinamiento son alimentados *ad libitum* y cuentan con espacio por animal delimitado. En cambio, el sistema semi extensivo consiste en pastoreo diurno, que inicia desde horas tempranas y por las tardes se complementa la oferta alimenticia. Por otro lado, las aves en extensivo, se alimentan en pastizales, de los cuales aprovechan el forraje verde y tierno para satisfacer sus necesidades nutricionales.

A pesar de la importancia y versatilidad de la especie, existe escasez de literatura sobre los requerimientos nutricionales del guajolote. A través de los años, las recomendaciones se han basado en las necesidades de otras aves de corral, sin embargo, no es lo apropiado debido a que el guajolote presenta diferencias en tamaño, desarrollo corporal y necesidades nutricionales, con respecto a otras aves de granja. En virtud de lo expuesto, el objetivo de esta revisión sintetizar la información disponible sobre las etapas fisiológicas y las formulaciones dietéticas empleadas en estudios internacionales.

DESARROLLO DEL TEMA

Requerimiento de nutrientes

En la meleagricultura, existen diferencias en la tasa de ganancia de peso y conformación de carcasa en estirpes comerciales y razas locales de guajolotes, por lo que se sugiere que las variedades de pavos en el mundo, responden de manera distinta a los niveles de nutrientes (Akinsuyi, 2023). Es por eso que se propone realizar investigaciones para definir los requerimientos nutricionales en los distintos linajes existentes.

Las etapas fisiológicas (mantenimiento, reproducción, producción de huevos y/o carne), requieren de diferentes niveles de energía, proteína, minerales y vitaminas. Estos requerimientos se ven afectados por factores intrínsecos (genética, sexo, tipo y etapa productiva) y extrínsecos (medio ambiente, estrés, condiciones de crianza). Por lo que es necesario que la consideración integral de todos los nutrientes de la ración alimenticia sea un punto importante en la nutrición de esta especie, debido a que regula la productividad en crecimiento y calidad de canal (Akinsuyi, 2023).

Etapas de la crianza y requerimiento nutricional

Las etapas fisiológicas en la producción del guajolote comprenden: inicio (desde el día de eclosión a la cuarta semana de edad), desarrollo (fase uno; a partir de la semana cuatro a ocho de vida; fase

dos; semana ocho a doce de edad), crecimiento (semana doce a dieciséis de vida), finalización (fase uno; semana dieciséis a veinte de edad; fase dos; de la semana veinte a veinticuatro de vida), reproductores (a partir de la semana veinticinco de edad) (Camacho Escobar et al., 2020; National Research Council, 1994). Las necesidades nutricionales expresadas en las tablas del National Research Council (1994), se expresan como concentraciones en el alimento, de esta manera se asegura la ingesta total y adecuada, procurando el balance de nutrientes necesario. Una ración alimenticia, que contenga concentraciones de nutrientes inferiores a los requerimientos, impide el desarrollo adecuado del ave. Por el contrario, una mayor concentración de nutrientes garantiza la suficiencia, sin embargo, no será rentable.

La importancia del tamaño de partícula en nutrición avícola, es un factor de interés, que va más allá de la digestión de nutrientes. Se ha demostrado que una partícula de alimento adecuada (migaja), además de beneficiar la digestión, reduce el desperdicio de alimento e impacta en el comportamiento del pavo. Administrar alimento en pellets o con partículas más gruesas, propicia que el tiempo de consumo sea más prolongado. Esto puede ser benéfico para desviar la atención de las aves y evitar actividades indeseables como el síndrome de picaje a causa del estrés (Marchewka et al., 2013). En este sentido, investigaciones recientes aluden que un tamaño de partícula mayor, estimula el desarrollo del tracto gastrointestinal, al mejorar la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento productivo. Al prolongar el tiempo de ingestión y satisfacer la necesidad natural de forrajeo de las aves, contribuye a la reducción del nivel de estrés y previene la aparición de estereotipias (picaje de plumas y canibalismo) (Tejeda & Kim, 2021).

Al comparar el manejo alimenticio de guajolotes en sistema tradicional con el industrial, Camacho Escobar et al. (2020), encontraron similitudes en las etapas de crianza, necesidades nutricionales, edad para realizar los cambios en la dieta y textura del alimento según la etapa fisiológica o productiva. Lo que indica que existe un conocimiento empírico en el sistema de producción tradicional, debido a lo anterior posiblemente este sistema ha logrado contribuir al bienestar familiar incentivando la seguridad alimentaria y disponibilidad de recursos económicos (Romero López, 2021). Los requerimientos nutricionales por grupo de edad se reportan en la Tabla 1, los cuales a su vez se describen a detalle a continuación.

■ Tabla 1. Requerimientos nutricionales de guajolotes como porcentaje o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca).

Etapa Productiva	Crecimiento de guajolotes; machos y hembras						Reproductores	
	Inicio	Desarrollo (Fase uno)	Desarrollo (Fase dos)	Crecimiento	Finalización (Fase uno)	Finalización (Fase uno)	Mantenimiento	Hembras ponedoras
Machos: Edad (semanas)	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	A partir de las 25 semanas	
Hembras: Edad (semanas)	0-4	4-8	8-11	11-14	14-17	17-20		A partir de las 25 semanas
Nutriente (unidad)								
Energía metabolizable/kg dieta (kcal)	2800	2900	3000	3100	3200	3300	2900	2900

Proteínas y aminoácidos (%)								
Proteína	28	26	22	19	16.5	14	12	14
Arginina	1.6	1.4	1.1	0.9	0.75	0.6	0.5	0.6
Glicina+serina	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5
Histidina	0.58	0.5	0.4	0.3	0.25	0.2	0.2	0.3
Isoleucina	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5	0.45	0.4	0.5
Leucina	1.9	1.75	1.5	1.25	1.0	0.8	0.5	0.5
Lisina	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.65	0.5	0.6
Metionina	0.55	0.45	0.4	0.35	0.25	0.25	0.2	0.2
Metionina+cistina	1.05	0.95	0.8	0.65	0.55	0.45	0.4	0.4
Fenilalanina	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.55
Fenilalanina+tirosina	1.8	1.6	1.2	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
Treonina	1.0	0.95	0.8	0.75	0.6	0.5	0.4	0.45
Triptófano	0.26	0.24	0.2	0.18	0.15	0.13	0.1	0.13
Valina	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.58
Grasa (%)								
Ácido linoleico	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1
Macrominerales (%)								
Calcio	1.2	1.0	0.85	0.75	0.65	0.55	0.5	2.25
Fósforo no fitato	0.6	0.5	0.42	0.38	0.32	0.28	0.25	0.35
Potasio	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6
Sodio	0.17	0.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Cloro	0.15	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Magnesio (mg)	500	500	500	500	500	500	500	500
Minerales traza (mg)								
Manganeso	60	60	60	60	60	60	60	60
Zinc	70	65	50	40	40	40	40	65
Hierro	80	60	60	60	50	50	50	60
Cobre	8	8	6	6	6	6	6	8
Yodo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Selenio	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitaminas liposolubles								
A (IU)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
D3 (ICU)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
E (IU)	12	12	10	10	10	10	10	25
K (mg)	1.75	1.5	1.0	0.75	0.75	0.50	0.5	1.0
Vitaminas hidrosolubles (mg)								
B12	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Biotina	0.25	0.2	0.125	0.125	0.100	0.100	0.100	0.20

Colina	1600	1400	1100	1100	950	800	800	1100
Folacina	1.0	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	1.0
Niacina	60.0	60.0	50.0	50.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Acido pantoténico	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	16.0
Piridoxina	4.5	4.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0
Riboflavina	4.0	3.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	4.0
Tiamina	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Adaptado de National Research Council, (1994); Camacho Escobar et al., (2020).

Fase de inicio (día cero de vida hasta la cuarta semana de edad)

Inicialmente el National Research Council (1994), indica un requerimiento de proteína cruda del 28% y en la parte energética, necesitan de la inclusión de 2800 kcal, por cada kilogramo de dieta, cifras contenidas en el 90% de materia seca (MS). Un nivel inferior a este, puede disminuir el crecimiento inicial.

De acuerdo a la investigación de Ross et al. (2019), la razón por la cual debe existir un contenido alto de proteína en esta etapa, es que los pavos recién nacidos sufren de un déficit proteico al nacer, a causa de que este nutriente es degradado en aminoácidos y empleado como fuente precursora de energía para realizar movimientos embrionarios en incubación, respiración externa al eclosionar y desarrollo corporal. Este proceso es conocido como gluconeogénesis, y tiene por objetivo incrementar el bajo contenido de carbohidratos del huevo, a partir de la síntesis de glucosa desde fuentes de carbono (lactato, aminoácidos y glicerol). En complemento de lo anterior, Shibata et al. (2023), mencionan que en el desarrollo embrionario existe un nivel hiperglucémico en sangre del producto, y se acentúa conforme se acerca la eclosión. Esta condición fisiológica tiene su fundamento en el ciclo de cori; que ocurre en periodos de ayuno prolongado y ejercicio extenuante en mamíferos y humanos. En cambio, en aves sucede en dos estadios, el primero en etapas tempranas de incubación, en donde la hipoxia provoca niveles altos de lactato en la membrana del saco vitelino. El segundo, es durante la eclosión; debido a la intensa actividad muscular del polluelo para romper el cascarón. En ambos casos existe condición de anaerobiosis, dando lugar a lactato; este es absorbido por el torrente sanguíneo y desplazado al hígado para convertirse en glucosa por gluconeogénesis. La glucosa originada es secretada al torrente sanguíneo desde el hígado y saco vitelino, posteriormente se absorbe en células musculares para su utilización en actividades de vitalidad, motricidad del embrión y recién nacido. Posteriormente a su oxidación al conjuntarse con el glucógeno almacenado en los hepatocitos y la enzima glucosa 6 fosfatasa, se origina piruvato a través de glicólisis efectuada en el citoplasma (Stryer et al., 2013). Estos fundamentos bioquímicos refuerzan las altas demandas de proteína y energía señaladas por el National Research Council (1994), para esta fase inicial.

En la investigación de Kop-Bozbay & Ocak (2022), se observó que la alimentación retrasada en las primeras 48 horas de vida, sin la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) (valina, leucina, isoleucina); comprometió significativamente la capacidad de los polluelos para cubrir sus requerimientos nutricionales esenciales de energía y proteína. Lo anterior generó una disminución del peso corporal, consumo de alimento y retraso en el desarrollo de fibras musculares. En cambio, la administración de BCAA, para lograr la nutrición temprana, ya sea por inyección en el amnios del huevo al día 22 de incubación o mediante la dieta inicial (Peebles, 2018), demostró

ser efectiva para satisfacer estos requerimientos críticos, lo que dio como resultado, un mejor desarrollo. Esto evidencia, que más allá de disponer nutrientes clave (energía, proteína) a través de la dieta, la prontitud de administrar la ración alimenticia juega un papel importante para mejorar el desarrollo de los polluelos.

Es importante señalar que, aunque el National Research Council (1994), proporciona las bases nutricionales, la investigación en otras aves de corral pudiera ofrecer alguna perspectiva de interés. Es el caso de los pollos de engorda, que en dietas por debajo del 16% de proteína cruda y 3000 kcal de EM/kg, han demostrado reducir la resistencia ósea y tendinosa, por lo tanto, se sugiere que la dieta inicial de aves de corral no debe formularse con menos de 17% de proteína cruda y 3000 kcal de EM/kg, de esta manera se podrían evitar casos de osteodisplasia a causa del desbalance nutricional ofertado (Rodríguez-Ortega et al., 2022). Aunque estos valores difieren a los mencionados por el National Research Council (1994), para guajolotes a causa del mayor tamaño y tasa de crecimiento, se requieren de concentraciones elevadas (proteína cruda del 28% y 2800 kcal en la parte energética).

En resumen, es importante proveer a los recién nacidos niveles adecuados de proteína y aminoácidos de alta calidad en la dieta, inmediatamente después de la eclosión, para conseguir un adecuado funcionamiento corporal, proliferación de miocitos y en un futuro próximo, adecuada producción de carne.

Fase de desarrollo uno (semana cuatro a ocho de vida)

Para esta etapa el National Research Council (1994), determina necesario el 26% de proteína cruda, 2900 kcal de energía.

En este contexto, en la investigación de Adebowale et al. (2019), se estudió la mejora de estos requerimientos al alimentar a tres grupos de guajolotes machos de la línea BUT de cuatro semanas de edad. Estos animales recibieron dietas comerciales a base de maíz y harina de soya, formuladas para cubrir los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994), para los polluelos de guajolote. Se compararon tres niveles de inclusión de niacina (vitamina B3): 0 mg/kg, 60 mg/kg y 180 mg/kg. En el estudio se encontró que el incremento de la ganancia de peso estaba relacionado con el aumento de la inclusión de niacina, lo que sugiere que este compuesto es esencial para la ganancia de peso de la especie. El consumo de alimento, se observó disminuido al incluir niacina en la dieta a una dosis recomendada de 60 mg/kg; mientras que la conversión alimenticia y la ganancia de peso mejoraron con la inclusión de niacina a una dosis alta de 180 mg/kg, lo que sugiere que el compuesto estudiado es esencial para el crecimiento de la especie. De esta manera, puede mencionarse que aunque el National Research Council (1994), proporcione las bases nutricionales, el optimizar micronutrientes (niacina), regula la eficiencia de la producción del guajolote, debido a que la suplementación con vitaminas específicas puede potenciar el aprovechamiento de nutrientes presentes en la dieta de esta fase.

El mejor aprovechamiento de la energía y proteína presentes en dieta, así como la digestibilidad de la fibra, es un objetivo constante en la nutrición avícola. Por lo que Oke et al. (2017), investigaron el impacto de la inclusión de brotes de sorgo malteado (MSP), un subproducto de la industria cervecera y el efecto de suplementaciones con enzimas (endo-1, 4-xilanas (EC 3.2.1.8), endo-1, 3(4)-b glucanasa (EC 3.2.1.6) y endo-1, 4-b-glucanasa (EC 3.2.1.4) de (*Trichoderma reesei*) y levadura

de industria panadera (*Saccharomyces cerevisiae*) en guajolotes. Se observó que el MSP, debido a su naturaleza fibrosa y la presencia de anti nutrientes como ácido cianhídrico y taninos (inhibidores enzimáticos), disminuyó el consumo de alimento, la ganancia de peso y de digestibilidad, al reducirse la capacidad de las aves de aprovechar la energía y proteína del alimento. En contraste, los grupos suplementados con enzimas, mostraron una mejora en la conversión alimenticia y digestibilidad de proteína, lo que significó una mayor ganancia de peso. Esto indica que las enzimas, pueden mitigar los efectos negativos de baja o alta calidad de fibra, al permitir que las aves extraigan los nutrientes esenciales de la dieta y se aproximen a los requerimientos óptimos de proteína y energía a pesar de la presencia de factores limitantes.

En resumen, la consideración de requerimientos nutricionales como indica el National Research Council (1994), en esta etapa, son adecuados para la crianza de esta especie, sin embargo sería importante considerar la interacción de micronutrientes y aditivos, al mismo tiempo de adicionar levadura de industria panadera (*Saccharomyces cerevisiae*) e inclusión de enzimas que provengan del hongo (*Trichoderma reesei*), esto traería como beneficios: mejora de conversión alimenticia, digestibilidad de fibra, incremento de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso y disminución de consumo de alimento. No obstante, la alimentación de guajolotes con subproductos de industria cervecera debe tomarse con cautela, debido a la concentración de taninos y factores nocivos. Se reitera la necesidad de evaluar insumos locales accesibles y asegurar su aporte nutricional, para cubrir las necesidades de energía y proteína del guajolote.

Fase de desarrollo dos (semana ocho a doce de edad)

Lo que sustenta el National Research Council (1994), es necesario un aporte proteico de 22% y 3000 kcal de energía. Estos requerimientos son fundamentales para incentivar el crecimiento óseo y muscular acorde a la edad.

El mejoramiento de la digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes (proteína y energía) basándose en el National Research Council (1994), sigue siendo un tema de interés. En la investigación de Oke et al. (2017), se demostró que la suplementación enzimática en la dieta mejoró la conversión alimenticia y se logró disminuir en el consumo de alimento, de esta manera, se evidenció mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. Esto sugiere que las enzimas permiten a las aves aprovechar eficazmente los nutrientes esenciales presentes, contribuyendo a satisfacer los requerimientos del National Research Council (1994) de mejor manera.

En complemento de lo anterior, Piscocoya et al. (2021), evaluaron el impacto de las sales minerales orgánicas y nucleótidos sobre la ganancia de peso vivo en 90 pavos machos de línea Hybrad. A partir de la semana nueve de edad, se obtuvieron las mejores ganancias de peso (expresadas en kg) en los tratamientos tres= 4.39; seis= 4,27 kg, y cuatro= 4.23 y 4.21 kg; mientras que, en la décima semana, la mayor ganancia de peso (kg) se presentó en el tratamiento tres= 5.95 kg y seis= 5.71 kg. De igual manera en la semana once de edad, los mismos tratamientos presentaron mayores ganancias de peso; obteniendo los siguientes valores: tratamiento tres= 7.49 kg y seis= 7.18 kg. En base a lo encontrado, el tratamiento tres (0.5% de sales orgánicas; 0% de nucleótidos), en conjunto del tratamiento seis (1% de sales orgánicas; 0.5% de nucleótidos); evidenciaron una mejor ganancia de peso en pavos en fase de crecimiento. Lo anterior sugiere que los minerales en la alimentación de aves de corral y en específico en guajolotes, se comportan como cofactores, activando a las enzimas que son proteínas reguladoras del metabolismo, mejorando la eficiencia

metabólica de los nutrientes. Por su parte, los nucleótidos demostraron un efecto promotor de crecimiento; basado en la protección intestinal, principalmente en la microbiota; favoreciendo el desarrollo de las vellosidades intestinales, lo que incentiva la absorción de nutrientes, incluida la energía y fracción proteica, para la promoción del desarrollo general del ave. Cañada Lugo et al. (2021), mencionan que los nucleótidos son compuestos intracelulares contenidos en algunas plantas y en alimentos de origen animal, se conforman de una base nitrogenada, un azúcar y grupos fosfatos. Estas composiciones tienen participación en la conformación de ácidos nucleicos, como fuente de energía, coenzimas y reguladores fisiológicos, teniendo impacto en el comportamiento productivo y la salud de los animales en especies monogástricas (cerdos y aves). Adicional a lo descrito, Gamboa-Delgado et al. (2022), mencionan que son sustancias que estimulan las células olfativas y gustativas, por lo que son consideradas agentes mejoradores de sabor, lo que aumenta la palatabilidad de los productos alimenticios. Sin embargo, los animales terrestres, al igual que humanos, no son capaces de tolerar altos niveles de nucleótidos dietarios, debido a que incrementan la presencia de ácido úrico, por tanto, debería tomarse con reserva el uso de estos compuestos en la alimentación de aves de corral.

En resumen, la inclusión de levaduras y enzimas mejora la conversión alimenticia y disminuye la ingesta de alimento, mientras que la inclusión de minerales orgánicos optimiza la eficiencia nutrimental y el uso racionado de nucleótidos, además de mejorar la palatabilidad de la dieta, promueven el crecimiento, basando este efecto en la protección de microbiota intestinal, mejor desarrollo de vellosidades luminales, traduciéndose en una mejora del aprovechamiento de la dieta para cubrir los requerimientos de proteína, energía y otros nutrientes esenciales del National Research Council (1994).

Fase de crecimiento (semana 12 a 16 de edad).

Con base en la literatura del National Research Council (1994), se menciona que, por cada kilogramo de dieta ofrecida, se requiere de 19% de proteína cruda y en la parte energética, necesitan de la inclusión de 3100 kcal. Estas concentraciones buscan sostener un desarrollo continuo, donde la formación de masa muscular y ósea siguen siendo prioritarias (ver Tabla 1).

Sin embargo, la búsqueda de insumos que satisfagan estos requerimientos a bajo costo, puede representar un problema si solo se evalúa el peso corporal. Mikulski et al. (2012), evaluaron el efecto de cuatro niveles dietéticos (0, 60, 120, 180 gramos/kilogramo) de harina de colza (RSM) también conocida como canola, un subproducto de (*Brassica napus*). Este producto fue adicionado a una dieta base, encontrándose que el peso corporal y mortalidad de pavos alimentados con dietas que contenían RSM, no mostraron diferencias significativas, comparando los niveles dietéticos al grupo control. Por lo que en la pesquisa se concluyó que el uso de RSM hasta una cantidad de 180 g/kg, no tuvo efecto sobre el peso corporal, masa muscular y contenido de grasa. Sin embargo, se menciona que la inclusión desde cantidades mínimas (60 g/kg) provocó una disminución del nivel de contenidos séricos (triyodotironina libre) (T3) en el torrente sanguíneo; Pacheco Coello y Nieto (2024), indican que esta hormona, al igual de la tiroxina (T4) son de origen tiroideo, son necesarias para llevar a cabo los procesos vitales. Estas hormonas son detectadas por la hipófisis y en niveles séricos adecuados, regulan la producción de la Hormona Estimulante (TSH), que tiene incidencia en la estimulación de la glándula tiroidea para producir nuevamente T3 y T4. Estas hormonas regulan el crecimiento, desarrollo, actividad cardiaca, presión arterial y modo de utilización de energía y proteína. En el caso de una disminución de T3, se originará hipotiroidismo, caracterizado

por un lento crecimiento corporal, lo que podría relacionarse a la nula diferencia de peso de canales que recibieron diferentes niveles de inclusión de RSM. Esto pone de manifiesto que la satisfacción de los requerimientos de proteína y energía, va más allá de la ganancia de peso y exige considerarse la calidad de los insumos y su impacto en la fisiología animal.

Además del crecimiento, Strasburg y Chiang (2009), mencionan que la secreción deficiente de T4, se asocia a la inclusión de RSM en la dieta; retrasa la cocción de la carne y la funcionalidad de las proteínas, por lo que se considera que afecta la calidad de la carne de guajolotes, al ver las diferencias significativas del peso de la molleja, más alto en el grupo del tratamiento de 180 g/kg de RSM, posiblemente se deba a una hipertrofia muscular por un mayor gasto de este órgano para reducir de tamaño las partículas de la dieta y facilitar la degradación de fibra no digestible de este insumo (Svihus, 2011).

De manera preliminar, la dieta de guajolotes para esta etapa se propone sea considerando los requerimientos nutricionales del NRC, con una evaluación crítica de las fuentes de energéticas y proteicas. Se propone la sustitución de harina de colza por otra fuente proteica más segura o posiblemente haciendo uso de brassicáceas en un estado vegetativo de fácil digestión, además de considerar insumos de fácil acceso en la región o en su defecto esquilmos de cocina que pudieran enriquecer la nutrición, siempre y cuando se conozcan los aportes nutricionales de los insumos.

Fase de finalización uno (semana 16 a 20 de edad).

En la información del National Research Council (1994), se determina una necesidad proteica de 16.5% y necesitan de la inclusión de 3200 kcal en la parte energética. De esta manera, se busca continuar el crecimiento de las aves y la deposición de carne.

En este tenor, la investigación de Arslan y Cetin (2023), incluyó los requerimientos nutricionales para esta etapa, y evaluó el efecto de diferentes sistemas de crianza en 123 pavos americanos de la raza bronceado americano. Posteriormente a diez semanas de crianza, se dividieron en tres grupos experimentales. Intensivo o grupo control (alimentado solamente con concentrado a libre acceso), semi intensivo (con oferta del 75% de concentrado además de pastoreo) y extensivo (su alimentación se vio completada con el 50% de concentrado y acceso a pastoreo). Los grupos semi intensivo y extensivo tuvieron acceso al pastoreo en horario de las nueve de la mañana a las cinco de la tarde. Entre las semanas 17 y 18, el grupo semi intensivo mostró los mayores pesos vivos (machos 3.20 kg y hembras 2.52 kg) y las mayores ganancias de peso semanales (526.68 g) y diarias (37.6 g). Este grupo también presentó la mejor conversión alimenticia (3.86), seguido por el extensivo (4.28) y el intensivo (4.22). Como era de esperar, el consumo de concentrado fue mayor en el sistema intensivo. Para las semanas 19-20, los machos de los grupos intensivo y semi intensivo, tuvieron pesos similares (3.79 kg), mientras que las hembras del sistema semi intensivo continuaron siendo las más pesadas (3.0 kg). Sin embargo, la ganancia de peso semanal fue más alta en el sistema intensivo (689.9). La conversión alimenticia en esta etapa fue mejor en el sistema extensivo (3.78). El consumo diario de alimento concentrado fue más alto en el sistema intensivo, seguido por el semi intensivo y finalmente el extensivo. Estos hallazgos, sugieren, que a pesar de que el National Research Council (1994), indica los requerimientos nutricionales de la especie, la manera en la que se suministran, y el acceso al pastoreo, pueden influir en el aprovechamiento de nutrientes, conversión alimenticia, ganancia diaria y semanal de peso. El pastoreo, proporciona la oportunidad de forrajeo natural, reduce la necesidad de alimento concentrado y optimiza la

conversión de proteína y energía de la dieta. La mejora de eficiencia alimenticia en sistemas con acceso a pastoreo, radica en la capacidad del ave para complementar su ración con un recurso económico y de fácil acceso, lo que podría significar un modelo productivo más accesible.

La eficacia en la absorción de proteína y energía depende fundamentalmente de la salud y desarrollo del tracto gastrointestinal. En las aves de corral, como en otras especies, la absorción nutrimental se efectúa en el intestino delgado, conformado por serosa, muscular, submucosa y mucosa. Las estructuras que sobresalen de la mucosa son vellosidades y su altura propicia el grado de absorción nutrimental. Entre una vellosidad y otra, se encuentran unas depresiones glandulares, llamadas criptas de Lieberkuhn, que secretan enzimas participantes en la digestión. El desarrollo de estas criptas, se debe al tipo de alimentación y proceso de crianza. En el caso de pavos, sometidos a sistemas de producción intensiva, el crecimiento es mayor, lo que origina una mejor eficiencia intestinal (Saleh et al., 2022).

Masyitha et al. (2023), realizaron un estudio en el que se determinó la histomorfometría del intestino delgado en diferentes semanas de edad. Se evaluaron pavos machos seccionados en ocho, dieciséis y veinticuatro semanas de vida. En una necropsia se diseccionaron las porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), encontrándose que el grosor del epitelio intestinal aumentaba de manera proporcional al grupo de edad, siendo el duodeno la porción morfológica más gruesa, seguido por el yeyuno e íleon. Esta diferencia de alturas afecta el proceso digestivo y grado de absorción de nutrientes. En el trabajo de Iñiguez Heredia et al. (2021); se menciona que el epitelio intestinal puede ser afectado por patógenos, que ocasionan erosión de la mucosa, interrupción de suministro vascular, o inmunosupresión. Esto retrasa el crecimiento y el momento del periodo reproductivo, por lo tanto, el equilibrio de la microbiota y producción de enzimas digestivas propicia un desempeño adecuado del ave. Lo anterior, subraya que además de la formulación de la dieta basada en los requerimientos del National Research Council (1994), la integridad y funcionalidad del intestino, son críticas para el aprovechamiento real de los nutrimentos. Un intestino sano asegura que la proteína, energía y otros nutrientes ofrecidos, sean aprovechados por el organismo. En este sentido, el uso de aditivos alimenticios (levaduras, prebióticos y probióticos), son necesarios para optimizar funciones del tracto digestivo en la avicultura (fortalecimiento de la microflora y estimulan la producción de enzimas) para degradar de mejor manera los alimentos (Iñiguez Heredia et al., 2021). De manera preliminar, el uso de levaduras en dieta de guajolotes, como *Saccharomyces cerevisiae* traerá como beneficios una fácil digestión, revitalización de mucosa y mejora del aprovechamiento de nutrientes, representándose en la adecuada producción de carne o huevos en el caso de reproductores. El acceso a enzimas tendrá que ser acorde a la región, de las cuales, se debe considerar el costo, conservación y empleo como parte de la dieta.

Fase de finalización dos (semana 20 a 24 de edad)

El National Research Council (1994), menciona un requerimiento nutricional de 14 % de proteína cruda, además de precisar de la inclusión de 3300 kcal. Estos niveles buscan maximizar la conversión alimenticia, antes del sacrificio o la transición a la fase reproductiva.

En la experimentación de Arslan y Cetin (2023), que se revisó en la etapa anterior, durante las semanas 21-22, los pesos en machos de los sistemas intensivo (4.48 kg), semi intensivo (4.49 kg) y extensivo (3.68 kg). Las hembras pesaron 3.25 kg en el sistema intensivo, 3.57 kg en el semi intensivo, y 3.09 kg en el extensivo. En el sistema semi intensivo, se obtuvo la mejor ganancia de peso

semanal con 617 g, seguido por 563 g en el sistema extensivo, y 469 g en la producción intensiva. La ganancia diaria de peso se encuentra en la misma tendencia. Sin embargo, el confinamiento resultó ser el sistema de alimentación en el que mayor consumo de alimento se registró, lo cual se asocia al estilo de alimentación *ad libitum* de concentrado. Por otra parte, la conversión alimenticia en el sistema extensivo fue el que mejor se comportó, al precisar de 2.49 kg de alimento para producir un kilo de carne, seguido del semi intensivo (3.4 kg) y el confinamiento total (6.6 kg). En el periodo de la semana 23 a 24 de vida, los pesos finales de los machos fueron 5.12 kg en el sistema intensivo, 4.88 kg en el semi intensivo, y 4.15 kg en el extensivo. En el caso de las hembras los pesos finales fueron, 3.56 kg en el sistema intensivo, 3.70 kg en el semi intensivo, y 3.29 kg en el extensivo. La ganancia de peso semanal fue mayor en el sistema intensivo (462.98 g), seguido del extensivo (304.0 g) y del semi intensivo (292.0 g). La conversión alimenticia en los sistemas extensivo, confinamiento y semi intensivo fueron 4.53, 5.61 y 8.09, respectivamente. Se sugiere que el acceso al pastoreo en la etapa de finalización, permitirá el ahorro de recursos económicos destinados a la alimentación, sin descuidar la ganancia de peso y conseguir una mejor conversión alimenticia. Lo anterior, resalta una limitación de las recomendaciones del National Research Council (1994), que se enfocan únicamente en dietas concentradas, que, aunque cubren los requerimientos de proteína y energía en un sistema de confinamiento, no reflejan la eficiencia superior que pueden lograrse en sistemas con acceso a pastoreo, recurso donde el ave complementa su dieta a través del forrajeo. Al investigar al respecto, esta práctica tiene fundamentación en la investigación de Svihus (2011), donde se menciona que el acceso a este recurso alimenticio, tiene origen en que las aves buscan componentes estructurales de su entorno. La naturaleza del pasto, al ser una fibra verde, constituida de hemicelulosa y celulosa, se secciona en partículas gruesas que ayudan a mejorar el proceso digestivo. Esta práctica, se asemeja a la dieta de los ancestros silvestres de estas aves.

De manera paralela, la capacidad de estas aves para sintetizar nutrientes es determinante. Masyitha et al. (2023), investigaron la histomorfometría de las vellosidades intestinales y determinaron que, las vellosidades duodenales son más altas en comparación a la del yeyuno e íleon. Sin embargo, el ancho y alto de estas, en la semana 24, no se observaron diferencias significativas en comparación de la semana 16 de vida, los autores indican que, en los pavos machos a la edad de 24 semanas, el intestino delgado ha alcanzado la etapa óptima de desarrollo, por lo que debe considerarse la etapa de finalización. En este sentido, en los métodos de crianza que se prolongan más allá de esta edad, posiblemente no se verán resultados alentadores, debido a que la capacidad de absorción de nutrientes en el intestino delgado se verá reducida, a causa de que las vellosidades intestinales no crecerán más allá del desarrollo en semanas previas.

En resumen, prolongar los métodos después de las 24 semanas de edad, podría no generar resultados productivos significativos, ya que la capacidad de absorción de nutrientes (proteína y energía) por las vellosidades intestinales, no aumentará sustancialmente más allá de este punto. Por lo tanto, la fase de finalización dos, debe ser cuidadosamente medida para maximizar la conversión de alimento en carne, en el momento de mayor eficiencia fisiológica del intestino delgado.

Etapa de reproductores

En esta etapa fisiológica, la nutrición se vuelve fundamental para la viabilidad de la progenie, trascendiendo el crecimiento corporal. Basándose en la información de los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994), la investigación busca optimizar la calidad de los embriones y la incubabilidad.

Yahaya et al. (2019), realizaron una investigación en pavos nigerianos que se caracterizan por un bajo índice de fecundidad. El objetivo del estudio fue describir la calidad del semen al comparar la variación de proteína cruda concentrada en la dieta. Se emplearon 15 machos sanos de 30-32 semanas de edad, con peso vivo de 3.5-4 kg. Fueron evaluadas tres raciones alimenticias, el grupo uno al 12% de proteína, el dos al 16% y el tercero con 20%. En cada grupo se consideró el consumo de 400 g por ave al día. Se obtuvieron dos eyaculados por colecta, dos veces a la semana, por trece semanas. Se encontró que las variables de peso vivo, pH, anormalidades en espermatozoides no mostraron diferencias significativas. Por otro lado, el volumen de eyaculado, movilidad en masa, movilidad individual, concentración del semen ($\times 10^9$), y el porcentaje de espermatozoides vivos mostraron diferencias significativas entre las raciones alimenticias utilizadas. Por lo tanto, los autores infieren que, a mayor concentración proteica en la dieta ofertada, se incrementará la fertilidad. En base a lo anterior, podría ser benéfico buscar niveles de proteína en el límite superior o incluso por encima del rango general, dependiendo de la genética y objetivo reproductivo. La adecuación de la proteína es crucial no solo para el desarrollo del ave, sino para viabilidad y calidad de sus células reproductivas.

Por otro lado, Ismail et al. (2016) emplearon 84 guajolotas de linaje bronceado de 32 semanas de edad, distribuidas en siete grupos y alimentadas con dieta basada en los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994). Se compararon diferentes aportes minerales observándose que las hembras de los grupos de suplementación mineral con zinc y selenio, con el grupo control, disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) el consumo de alimento, mejoraron la tasa de conversión alimenticia y aumentaron significativamente ($p < 0.05$) la tasa de producción de huevos por día en el periodo de 32 a 44 semanas de edad. Los grupos suplementados con selenio orgánico, nano zinc, selenio inorgánico, y zinc orgánico mostraron mayor cantidad de huevo. Sin embargo, las guajolotas con acceso a selenio y zinc en cualquier presentación, produjeron huevos significativamente más pesados ($p < 0.05$) en comparación con los huevos colectados en el grupo control. Los mejores valores de conversión alimenticia se obtuvieron al utilizar la suplementación alimenticia con formas minerales orgánicas y nano selenio. Con respecto a los componentes de huevo y su calidad, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos en el peso de la albúmina, yema, cáscara, índice de forma, índice de yema y coloración de la yema de huevo. En la variable de espesor de la cáscara de huevo, se obtuvo que la dieta suplementada con selenio, aumentó significativamente ($p < 0.05$), por lo que se mejoró la calidad de la cáscara en comparación de las pavas de control. No se observaron diferencias significativas en el espesor de la cáscara del huevo entre los otros grupos de hembras.

Los índices de fertilidad e incubabilidad de los huevos, en los grupos adicionados con zinc y/o selenio, fueron significativamente mayores que los controles. Esto evidencia que al administrar dietas basadas en el National Research Council (1994), con la cantidad y forma precisa de microminerales, se puede potenciar la productividad y eficiencia de reproductoras, optimizando el uso de energía y proteína de la ración alimenticia en la producción de huevos. Específicamente, las formas orgánicas y de nano selenio, generaron las mejores conversiones alimenticias. Aunque la calidad interna del huevo (peso de albúmina, yema y cascarón) no evidenció diferencias significativas. La suplementación con selenio aumentó el espesor de la cáscara, un factor crítico para la incubabilidad. La importancia del zinc y selenio, va más allá de la producción de huevos, Maysa et al. (2008), sugieren que actúan como antioxidantes; al incluirse en la dieta, reducen el estrés oxidativo de la eclosión y se mejora la tasa de incubabilidad de los huevos. De modo que, en base a la manera de administrar micro minerales en dieta, se puede potenciar la productividad

y eficiencia de las reproductoras, al optimizar el uso de energía y proteína de la dieta para la producción de huevos. Además, Sogunle et al. (2018), detallan que el zinc participa en la respuesta inmunitaria del ave, producción hormonal, crecimiento, desarrollo óseo, emplume y regulación del apetito en aves de corral. Este compuesto se puede adicionar a manera de sulfato, debido a que es altamente soluble en agua; mientras que el selenio se transfiere fácilmente de reproductoras a los huevos y en un futuro al embrión; sin embargo, en casos de deficiencia, se afecta el crecimiento y desarrollo corporal. La corrección de esta limitante, se consigue con la inclusión de selenio inorgánico (selenito de sodio) en ración alimenticia y/o con la introducción in ovo al embrión. La enzima lisil oxidasa, que requiere cobre como cofactor, es esencial para constituir la membrana externa y promover la resistencia del cascarón. Con la delimitación de membranas internas y externas del cascarón, se origina la cámara de aire, que usa el embrión como reserva de oxígeno durante el picoteo al nacer (Sogunle et al., 2018). Estos datos, profundizan en como la adecuada suplementación de micro minerales mencionados en el National Research Council (1994), es vital para los procesos fisiológicos complejos que impactan directamente la viabilidad embrionaria y la calidad del recién nacido, al asegurar el aporte protéico y energético, se traducirá en el éxito de la reproducción.

Otro desafío en el periodo de postura, es la aparición de huevos sin cascarón o delgadez del mismo (Camacho Escobar et al., 2020), esto puede asociarse a falta de alimento o déficit de calcio, que al conjuntarse con la deficiencia de fósforo, vitamina D3, biotina, colina, magnesio y zinc, puede afectar la anatomía de las patas, causando condrodistrófia (Austic, 2016). Ismail et al. (2016), vincularon la suplementación con zinc y selenio a aumentos significativos en los títulos de anticuerpos séricos contra el virus del Newcastle, lo que indica que una nutrición mineral adecuada fortalece la inmunidad, por lo tanto, la inadecuada inclusión de estos elementos podría provocar la involución de órganos linfoides (timo y bazo) que a su vez dañan la función linfocitaria, responsable de la proliferación de células T y B (Ahmed & Schurig, 2020). Esto pone de manifiesto, que la deficiencia de minerales no solo afecta la producción o calidad del huevo, también a la salud inmunitaria de la reproductora, lo que indirectamente impacta la viabilidad de la granja.

A manera de conclusión del apartado, se sugiere evitar la incubación de huevos ovipositados por reproductoras en condiciones de deficiencia y desbalance nutricional. Debido a que afectan negativamente el desarrollo embrionario, al originar polluelos con mermas en su estado de salud y desarrollo corporal.

DISCUSIÓN

La nutrición temprana del guajolote es un factor crítico que comienza antes de la eclosión. Los nutrientes almacenados en el huevo desempeñan un papel fundamental en la vitalidad y desarrollo embrionario (Ross et al., 2019). Shibata et al. (2023) sugieren que, durante la embriogénesis, ocurre una transformación metabólica de aminoácidos en fuentes energéticas para sustentar los movimientos del embrión y el esfuerzo extenuante durante la eclosión. Este consumo energético pre eclosión, genera una demanda de nutrientes post eclosión. En este sentido, la formulación de dietas con altos porcentajes de proteína cruda y energía para la fase inicial es vital, para compensar el déficit hipoglucémico e incentivar la pronta recuperación muscular e iniciar el desarrollo corporal tras el nacimiento (Kop-Bozbay & Ocak, 2022).

Para optimizar el crecimiento, la formulación de raciones avícolas con niveles proteicos y energéticos

adecuados y ajustados es imperativo, para maximizar el potencial cárnico del guajolote (National Research Council, 1994). El desarrollo acelerado de los sistemas óseo y muscular, solicitan un aporte constante de estos macronutrientes. La proliferación de miocitos desde etapas iniciales de vida y la transformación eficiente de aminoácidos precursores, son procesos biológicos necesarios para el desarrollo corporal de la especie. Una nutrición equilibrada, significa una ganancia de peso superior y menor incidencia de problemas asociados al rápido crecimiento (Austic, 2016; National Research Council, 1994; Rodríguez-Ortega et al., 2022). Bajo este contexto, en la dinámica de desarrollo, la meleagricultura sugiere la existencia de fases de crecimiento isométrico en etapas iniciales de los guajolotes, seguidas de un crecimiento alométrico a partir de las 7 - 8 semanas de edad. Este tipo de crecimiento diferencial es crucial, ya que fundamenta la demanda de nutrientes específicos (proteína, energía, lisina, metionina, calcio, fósforo y vitaminas) y la consecuente predisposición a problemas de locomoción (National Research Council, 1994). Durante el crecimiento alométrico, las patas y esqueleto se desarrollan más rápido en comparación de otros tejidos corporales. Este desfase puede traer como consecuencia que el organismo no logre sustentar el ritmo del incremento de peso, manifestándose en trastornos esqueléticos (Austic, 2016). En base a lo anterior, se recalca la necesidad de formular dietas precisas en las fases críticas del desarrollo alométrico, lo que permitirá disminuir estas dificultades.

A pesar de que los requerimientos de proteína y energía son fundamentales en la formulación de dietas, el considerar minerales también es importante (National Research Council, 1994). Estos elementos, actúan como moduladores estratégicos en cada fase del desarrollo; su deficiencia compromete la fertilidad de los reproductores y la viabilidad de la producción (Maysa et al., 2008; Piscoya et al., 2021; Sogunle et al., 2018). Esta situación se intensifica en el traspatio, donde la disponibilidad de insumos, además de monitoreo nutricional son limitados. Es en este sistema de producción, donde las problemáticas de deficiencia pueden observarse. Esta diferencia nutricional es un factor limitante, esto puede explicar porque los índices productivos de los guajolotes criados en traspatio no son iguales a los de líneas genéticas comerciales (Akinsuyi, 2023).

La incorporación de enzimas a las raciones alimenticias, podría ser una estrategia para mejorar la digestibilidad de insumos que son subutilizados por el guajolote. Al facilitar la hidrólisis de componentes complejos, como polisacáridos no amiláceos o fitatos, estas enzimas optimizan el aprovechamiento de nutrientes clave como la proteína y energía; esto no solo se traduce en una mayor ganancia de peso y eficiencia alimenticia, sino que también puede permitir la inclusión de subproductos agroindustriales, al reducir costos y promoción de la sostenibilidad en la crianza de la especie (Oke et al., 2017).

La búsqueda de la eficiencia económica en la alimentación del guajolote, especialmente en sectores con recursos limitados, sugiere algunos desafíos. La alimentación inadecuada o el priorizar el ahorro económico, pueden dar paso a deficiencias en la ganancia de peso y salud disminuida de las aves. En este tenor, el uso de subproductos agroindustriales representa una opción para reducir costos. No obstante, su práctica requiere de conocimiento del impacto real de estas materias primas en el desarrollo corporal y su perfil nutricional, para evitar la aparición de desórdenes y patologías asociadas a deficiencias nutricionales (Oke et al., 2017).

En contexto con la optimización de costos y eficiencia alimenticia, es fundamental investigar a fondo el impacto de la inclusión de levaduras o enzimas digestivas en la dieta del guajolote. Estos aditivos podrían mejorar el aprovechamiento de nutrientes ofertados, al tornar insumos poco

asimilables por el sistema digestivo en componentes de valor nutricional, lo que podría traducirse en resultados alentadores para la productividad y salud (Iñiguez Heredia et al., 2021; Oke et al., 2017).

Finalmente, se requieren de estudios específicos que evalúen de manera detallada la relación e interacción de minerales y proteínas en la dieta del guajolote. Investigar como la producción y disponibilidad de estos compuestos influyen en el desarrollo esquelético y muscular, sería adecuado. Se sugiere que una complementación equilibrada de estos nutrientes podría llevar a un desarrollo corporal superior y a una mayor resistencia a desórdenes metabólicos en comparación de individuos con deficiencias nutricionales, abriendo nuevas vías para la formulación de dietas de precisión.

CONCLUSIONES

Esta revisión destaca la escasez de literatura actualizada de los requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*) y los distintos sistemas de producción. Aunque las referencias del National Research Council, han sentado las bases para la nutrición de esta especie; las diferentes estirpes de guajolotes y las condiciones de crianza actuales, demandan una re-evaluación en las recomendaciones dietéticas. Por otro lado, los estudios disponibles pueden presentar limitaciones en su diseño o especificidad, lo que dificulta una extrapolación directa a las distintas condiciones de crianza de la especie. Dada la rusticidad, e instinto omnívoro y forrajero del guajolote, se plantea que esta especie sea considerada como alternativa ganadera para la obtención de proteína de origen animal a bajo costo. Por lo tanto, investigaciones futuras deberían enfocarse en validar los requerimientos nutricionales del guajolote en diferentes sistemas de producción. Es necesario explorar el impacto de nuevas materias primas y subproductos agroindustriales en la digestibilidad de nutrientes, para optimizar la salud, bienestar y rendimiento cárnico del guajolote doméstico.

REFERENCIAS

- Adebowale, T., Oso, A., Liu, H., Tossou, M., Chen, J., Li, H., Kang, B., & Yao, K. (2019). Effect of dietary niacin supplementation on growth performance, nutrient digestibility, hematology, and lipoprotein concentrations of young turkeys, *Meleagris gallopavo*. *The Journal of Poultry Science*, 56(2), 112-119. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170212>
- Ahmed, S. A., & Schurig, G. G. (2020). Respuesta inmunitaria específica: inmunidad adquirida. En B. G. Klein, & P. L. Lorenzo González (Eds.), *Fisiología veterinaria* (6a ed., pp. 617-626). Elsevier.
- Akinsuyi, M. A. (2023). Effect of energy/protein ratio and strain on performance, nutrient digestibility and serum biochemical indices of exotic and locally adapted turkey. *International Journal of Biochemistry and Biomolecules Research*, 1(2), 37-45. <https://journals.stmjournals.com/ijbbr/article=2023/view=130065/>
- Al-Shadeedi, S. M. J. (2020). Comparison of weight, components and chemical composition of eggs in Guinea fowl, turkey, and domestic chicken. *Journal of World Poultry Research*, 10(1), 52-56. <https://doi.org/10.36380/jwpr.2020.7>
- Arslan, E., & Cetin, O. (2023). Effects of different rearing systems on growth and fattening performance of American bronze turkeys. *Eurasian Journal of Veterinary Science*, 39(3), 114-123. <https://doi.org/10.15312/EurasianJVetSci.2023.406>

- Austic, R. E. (2016). Aves de corral. En D. C. Church, W. G. Pond, K. R. Pond, & J. L. Laparra Vega (Eds.), *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (pp. 515-535). Limusa S.A. de C.V.
- Camacho Escobar, M. A., Pérez Lara, E., & Jerez Salas, M. P. (2020). Etología, patrones de actividad, manejo tradicional y uso del guajolote nativo en la costa de Oaxaca. En R. A. Perezgrovas Garza, M. A. Camacho Escobar, & A. Juárez Caratachea (Eds.), *El guajolote nativo de México: estudios recientes y perspectivas* (1a. ed., pp. 273-323). BUAP, Red Mexicana CONBIAND, A.C. https://www.researchgate.net/profile/Raul-Perezgrovas/publication/355478927_El_guajolote_nativo_de_Mexico_estudios_recientes_y_perspectivas/links/6172f06b3c987366c3ca49dd/El-guajolote-nativo-de-Mexico-estudios-recientes-y-perspectivas.pdf
- Cañada-Lugo, M. G., Lara-Bueno, A., Mendoza-Martínez, G. D., Espinosa-Ayala, E., Hernández-García, P. A., & Miranda-Romero, L. A. (2021). Suplementación con nucleótidos durante la lactancia artificial de terneros Holstein. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(1), 155-162. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/214/194>
- Gamboa-Delgado, J., Márquez-Reyes, J. M., & Godínez-Siordia, D. E. (2022). Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3), 1-13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cies/v30n3/2395-8782-CES-30-03-215.pdf>
- Iñiguez Heredia, F. A., Espinoza Bustamante, X. E., & Galarza Molina, E. L. (2021). Uso de probióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde: artículo de revisión. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 5(14), 166-172. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.107>
- Ismail, F. S., Mostafa, M. Y., Azzam, M. M., & Gorgy, M. A. L. (2016). Effect of some sources of antioxidants on the productive and reproductive performance of turkey hens. *Journal of Animal and Poultry Production*, 7(10), 393-401. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2016.48747>
- Kop-Bozbay, C., & Ocak, N. (2022). Administration of branched-chain amino acids in the pre- or post-hatch period improves the fiber characteristics of pectoralis major muscle in Turkey poult subjected to early or delayed feeding. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(6), 1142-1148. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i6.1142-1148.4965>
- Marchewka, J., Watanabe, T. T. N., Ferrante, V., & Estevez, I. (2013). Review of the social and environmental factors affecting the behavior and welfare of turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Poultry Science*, 92(6), 1467-1473. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02943>
- Masyitha, D., Armita, N., Akmal, M., Zainuddin, Z., Rahmi, E., Jalaluddin, M., Salim, M. N., Sabri, M., Iskandar, C. D., & Zulkifli, B. (2023). The histomorphometry of the small intestine on turkey (*Meleagris gallopavo*) at different age levels. *The International Journal of Tropical Veterinary and Biomedical Research*, 8(1), 23-28. <https://doi.org/10.21157/ijtvbr.v8i1.32094>
- Maysa, M. H., El-Sheikh, A. M., & Abdalla, E. A. (2008). The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in a local strain of chicken. 1 - the effect of organic selenium (Sel-Plex™) on productive, reproductive and physiological traits of Bandarah local strain. *Egyptian Poultry Science Journal*, 29(4), 1061-1084. <https://scispace.com/papers/the-effect-of-organic-selenium-supplementation-on-productive-1saufr7say>
- Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., & Slominski, B. A. (2012). The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science*, 91(1), 215-223. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01587>
- National Research Council. (1994). *Nutrient requirements of poultry* (9a. ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>
- Oke, F. O., Oso, A. O., Oduguwa, O. O., Jegede, A. V., Sudekum, K. H., Fafiolu, A. O., & Pirgozliev, V.

- (2017). Growth, nutrient digestibility, ileal digesta viscosity, and energy metabolizability of growing turkeys fed diets containing malted sorghum sprouts supplemented with enzyme or yeast. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3), 449-456. <https://doi.org/10.1111/jpn.12597>
- Pacheco Coello, F. J., & Nieto, P. (2024). Asociación de la hormona estimulante de tiroide, tiroxina y triyodotironina con los metales pesados plomo y mercurio en pacientes con posible hipertiroidismo. *Biociencias*, 19(2), 31-41. <https://doi.org/10.18041/2390-0512/biociencias.2.11756>
- Paramasivam, A., Kumar, P., Rajarajan, G., Anandh, A. M., & Jagatheesan, R. P. (2012). Effect of rearing systems on reproductive performance of turkey. *Veterinary World*, 5(4), 226-229. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2012.226-229>
- Peebles, E. D. (2018). In ovo applications in poultry: A review. *Poultry Science*, 97(7), 2322-2338. <https://doi.org/10.3382/ps/pey081>
- Perezgrovas Garza, R. A., Camacho Escobar, M. A., & Juárez Caratachea, A. (2020). El guajolote nativo de México: estudios recientes y perspectivas. BUAP, Red Mexicana CONBIAND, A.C. https://www.researchgate.net/publication/355478927_El_guajolote_nativo_de_Mexico_estudios_recientes_y_perspectivas
- Piscoya, C. A., Vélchez, J. L., & Díaz García, M. L. (2021). Sales minerales orgánicas, nucleótidos sobre alimentación de pavos *Meleagris gallopavo*, línea Hybrad en crecimiento. *Ciencia y Sociedad*, 1(1), 7-20. <https://revistas2.unprg.edu.pe/ojs/index.php/CURSO/article/view/529>
- Rodríguez Licea, G., Hernández Martínez, J., Gamboa Alvarado, J. G., & González Razo, F. J. (2021). Competitividade da Mexiquense Meleagricultura: uma análise espacial do ponto de vista técnico-econômico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 6404-6418. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-124>
- Rodríguez-Ortega, L. T., Rodríguez-Ortega, A., Mera-Zuñiga, F., Pro-Martínez, A., Hernández-Guzmán, F. J., Sosa-Montes, E., González-Cerón, F., & Leyva-Jimenez, H. (2022). Effect of varying dietary crude protein and metabolizable energy levels on leg abnormalities and performance in broiler chickens. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 35(3), 153-164. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v35n3a01>
- Romero-López, A. R. (2021). Las funciones de las aves en la producción avícola de pequeña escala: el caso de una comunidad rural en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), 217-237. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5088>
- Ross, M. L., Bryan, D. D. S. L., Abbott, D. A., & Classen, H. L. (2019). Effect of protein sources on performance characteristics of turkeys in the first three weeks of life. *Animal Nutrition*, 5(4), 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.09.002>
- Saleh, T. F., Altaey, O. Y., & Ahmed, N. S. (2022). Avian caecal tonsils anatomy and histology, a species comparison in five Iraqi domesticated birds: Review article. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 21(2), 19-30.
- Shibata, M., Iwasawa, A., & Yayota, M. (2023). Gluconeogenesis in the yolk sac membrane: enzyme activity, gene expression, and metabolites during layer chicken development. *Japan Poultry Science Association*, 60(2), 2023020. <https://doi.org/10.2141/jpsa.2023020>
- Sogunle, O. M., Elangovan, A. V., David, C. G., Ghosh, J., & Awachat, V. B. (2018). Response of broiler chicken to in ovo administration of inorganic salts of zinc, selenium and copper or their combination. *Slovak Journal of Animal Science*, 51(1), 8-19. <https://office.sjas-journal.org/index.php/sjas/article/view/61/50>
- Strasburg, G. M., & Chiang, W. (2009). Pale, soft, exudative turkey-The role of ryanodine receptor variation in meat quality. *Poultry Science*, 88(7), 1497-1505. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00181>
- Stryer, L., Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Gatto Jr., G. J. (2013). *Bioquímica con aplicaciones*

clínicas (7a. ed.). Editorial Reverté.

- Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, *67*(2), 207-224. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000249>
- Tejeda, O. J., & Kim, W. K. (2021). Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. *Poultry Science*, *100*(10), 101397. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101397>
- Yahaya, M. S., Nwannenna, A. I., Fadason, S. T., & Rekwot, P. I. (2019). Optimal nutrition, a key to addressing reproductive performance in Nigerian local turkey toms. *Nigerian Veterinary Journal*, *40*(3), 201-210. <https://doi.org/10.4314/nvj.v40i3.4>



El uso del género *Celtis* en la alimentación animal: una revisión

The use of the genus *Celtis* in animal feeding: a review

Wilfrido Yigael Flores-Hernández¹, Luz Yosahandy Peña-Avelino¹, Jorge Alva-Pérez¹,
Gerardo Noé Rosales-Martínez^{1*}

RESUMEN

El propósito en esta revisión bibliográfica es investigar el potencial forrajero del género *Celtis* en la alimentación de los animales, teniendo en cuenta su valor nutricional y el uso en sistemas de producción animal. Encontramos que existe información limitada del uso de esta planta en la alimentación animal. *Celtis* contiene altos niveles de proteína cruda (hasta 24.3%), digestibilidad y perfiles minerales que cubren requerimientos esenciales en diversos animales domésticos. Es un recurso forrajero utilizado en distintas regiones, principalmente zonas áridas y semiáridas en continentes como América, África e India. El aprovechamiento alimenticio también ha sido empleado naturalmente por distintas especies de fauna silvestre. El género *Celtis* tiene un papel importante en la nutrición animal, sin embargo, hacen falta más estudios que amplíen y profundicen los conocimientos sobre esta especie en la alimentación animal.

Palabras clave: alimentación animal, *Celtis*

ABSTRACT

The purpose of this literature review is to investigate the forage potential of the *Celtis* genus in animal feed, considering its nutritional value and use in animal production systems. We found that there is limited information on the use of this plant in animal feed. *Celtis* contains high levels of crude protein (up to 24.3%), digestibility, and mineral profiles that meet the essential requirements of various domestic animals. It is a forage resource used in different regions, mainly arid and semi-arid areas on continents such as America, Africa, and India. It has also been used naturally as food by different species of wildlife. The genus *Celtis* plays an important role in animal nutrition; however, more studies are needed to expand and deepen knowledge about this species in animal feed.

Keywords: animal feed, *Celtis*

*Autor para correspondencia: geroe0@hotmail.com

Fecha de aceptación: 15 de agosto de 2025

Fecha de recepción: 30 de julio de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

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

INTRODUCCIÓN

La alimentación animal representa el principal gasto en cualquier sistema de producción. Numerosos estudios mencionan que entre el 60% y 85% integran los costos totales. Los forrajes son la principal fuente de alimentación en animales domésticos, son baratos y pueden ser aprovechados por rumiantes y otras especies animales.

Existen regiones en donde los recursos forrajeros son limitados o estacionales. Los árboles y arbustos presentes en praderas, agostaderos o bosques representan una alternativa para la alimentación animal. Las especies vegetales endémicas y adaptadas se convierten en un sustento que no solo contribuye a reducir la dependencia de alimentos comerciales, sino que promueve la producción en pequeños y grandes productores (Katoch et al., 2018).

El género *Celtis* está conformado por árboles y arbustos de amplia distribución en zonas áridas, semiáridas y templadas, tiene altos niveles de proteína cruda (PC), fibra digestible y minerales (Domínguez-Gómez et al., 2014; Espinoza et al., 2020; Njidda et al., 2021). El aprovechamiento alimenticio, en distintas partes del mundo, se da también en animales silvestres: aves, reptiles o mamíferos y desempeña funciones ecológicas como soporte trófico (Bosque & Bucher, 2017; Letter et al., 2019). Algunos frutos de *Celtis* tienen compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, en los últimos años han sido objeto de varios estudios que demostraron que pueden tener aplicaciones funcionales, tanto en la nutrición animal como la humana (Keser et al., 2017; Safari et al., 2023). Sin embargo, no se han llevado suficientes estudios en la alimentación animal y solo se han centrado en la composición química y las propiedades bioactivas de este género. Entonces, existe una escasez de investigaciones sobre el efecto en la alimentación animal. Por tanto, este artículo de revisión tuvo como objetivo encontrar y analizar estudios sobre el uso del género *Celtis* en la alimentación animal de animales domésticos y silvestres.

DESARROLLO DEL TEMA

Contexto general sobre alimentación y nutrición en animales domésticos y fauna silvestre

Los animales domésticos incluyen a los bovinos, ovinos y caprinos. Estos forman parte de los sistemas de producción que actúan como transformadores de la materia vegetal en alimentos para destino humano. Los microorganismos presentes en su sistema digestivo, particularmente en el rumen, tienen la capacidad de degradar la fibra presente en plantas y la transforman en proteína microbiana y ácidos grasos que sostienen la producción de carne y leche de calidad (Kara et al., 2016).

Los herbívoros y omnívoros silvestres, seleccionan su comida en base a la vegetación disponible en su entorno. Estos animales silvestres pueden ser selectivos y consumir solo algunas plantas, específicamente alguna de sus partes, como las hojas, frutos y semillas (Salazar-Ortiz et al., 2019). La fauna silvestre tiende a seleccionar las plantas o zonas de esta, con mayores proporciones de energía o proteína (Birnie-Gauvin et al., 2017). Estos factores de selección de la fauna silvestre, las plantas leñosas y sus partes (las hojas, frutos y semillas) son un recurso alimenticio aprovechable en regiones de escasa lluvia.

Es importante que la dieta proporcione un equilibrio adecuado de nutrientes, entre ellos PC, energía metabolizable (EM), fibra detergente neutra (FDN), minerales y vitaminas. Una dieta pobre puede

disminuir la digestibilidad, la síntesis microbiana en el rumen y la productividad animal (NCR, 2007).

Las plantas forrajeras leñosas como alimentación

Los arbustos leñosos, en zonas áridas y semiáridas, sustentan la biodiversidad y son utilizadas en la ganadería extensiva (Vargas-Colin et al., 2022). Algunas especies del género *Celtis*, están adaptadas a condiciones de falta de agua y son una fuente alimenticia (González-Rodríguez et al., 2011). Además sirven en la estabilización del suelo, sombra y refugio, tanto de fauna silvestre como en la alimentación de rumiantes (Urdampilleta et al., 2023). Diversos estudios sugieren que la adición de *Celtis* en las dietas de rumiantes se combina con otras especies de plantas (Njidda et al., 2021; Ramírez et al., 1993).

El género *Celtis* como recurso nutricional

El género *Celtis* tiene una amplia distribución y rusticidad. Varias especies han sido objeto de estudio por su capacidad para proporcionar hojas y frutos con altos niveles de proteína. La composición química varía significativamente entre especies, esto se muestra en la tabla 1.

■ Tabla 1. Composición química de diferentes especies del género *Celtis* utilizadas como forraje (%).

Especie	MO	PC	FDA	FDN	HC	DMS	CZ	EE	CEL	LDA	TC	Fuente
<i>C. africana</i> (hojas)	80.15	11.4	51.78	53.08	-	-	-	-	-	12.37	0.85	(Phiri et al., 2023)
<i>C. australis</i> (hojas)	77.6	13.2	20.6	22.4	1.76	63.3	-	-	-	-	-	(Habib et al., 2016)
<i>C. australis</i> (hojas)	91.1	16.5	40.1	48.5	-	-	-	5.8	-	-	0.08	(Sahoo et al., 2016)
<i>C. australis</i> (hojas)	90.4	15.7	39.2	47.1	7.9	64.1	-	4.3	-	-	-	(Ganai, 2022)
<i>C. australis</i> (hojas)	-	13.1	-	-	-	-	16.48	-	-	-	-	(Singh et al., 2022)
<i>C. integrifolia</i> (hojas)	-	14	-	-	-	-	11.5	3	-	-	-	(Ibrahim & Abbator, 2015)
<i>C. integrifolia</i> (hojas)	84.6	15.3	24.6	59.5	-	-	-	3.2	-	10.5	-	(Njidda et al., 2021)
<i>C. pallida</i> (hojas)	-	21.2	17.5	24.9	15.3	-	21.6	-	9.6	5.3	0.0	(Ramírez-Lozano et al., 2016)
<i>C. pallida</i> (hojas)	79.07	24.3	10.76	44.65	-	-	-	2.38	-	2.18	-	(Chávez et al., 2022)
<i>C. tournefortii</i> (hojas)	-	16.6	-	-	-	-	3.65	-	-	-	-	(Kurdi, 2023)
<i>C. tournefortii</i> (frutos)	-	15.4	-	-	-	-	3.9	-	-	-	-	(Kurdi, 2023)

MO: Materia Orgánica, PC (proteína cruda), FDA (fibra detergente ácida), FDN (fibra detergente neutra), HC (carbohidratos solubles), DMS (digestibilidad de la materia seca), CZ (cenizas), EE (extracto etéreo), CEL (celulosa), LDA (lignina en detergente ácido), y TC (taninos condensados). Las cifras corresponden a valores puntuales o promedios reportados por los autores citados, elaboración propia.

Animales domésticos

Bovinos

En un estudio hecho en ganado Highland, en regiones de los Alpes, estimaron que la preferencia de consumo *Celtis australis* L. no cambió en función de la abundancia y no importaba si esta era alta o baja. Además, mostró una alta palatabilidad. Esta es la razón por la que si se recomienda su incorporación en sistemas silvopastoriles (Nota, 2024).

Ovinos

Un grupo de borregos Pelibuey fistulados, en Nuevo León, México, sirvió para evaluar diferentes ramas de especies forrajeras, entre ellas *Celtis pallida*. Tuvo alto contenido de PC 21.7%, así como bajos valores en fibra detergente ácida (FDA) 10.8%, lignina 3.5% y taninos 0.3%. Además, en este estudio presentó valores altos en degradabilidad efectiva de la pared celular medidos a diferentes tiempos 74.3%, 62.9% y 56.6% en comparación con *M. sativa* 54.1%, 44.9% y 39.5% (Ramírez et al., 2000). En Durango, México, se evaluó *C. pallida*, con borregos adultos Suffolk × Rambouillet. Los resultados de materia orgánica (MO) 80%, PC 15% y digestión de la materia seca 59% (Guerrero-Cervantes et al., 2012).

Se evaluó la composición química de *Celtis australis*, en borregos en la localidad de Punjab, India. Encontraron valores de materia seca (MS) 30.28%, PC 13.18%, extracto etéreo (EE) 4.44%, FDN 46.87%, FDA 35.10 %, Celulosa 23.70% y Lignina 11.40%. El consumo de MS $1.15 \pm 0.20\%$ PV, esto reflejó un bajo consumo (Ganai et al., 2008). Así, se recomienda la adición de *C. australis* en la dieta de rumiantes en una combinación con otros forrajes para lograr la mejora nutricional.

El uso de las hojas de *Celtis pallida* fue evaluada como un componente de una dieta mixta para ovinos: 36.2% hojas de *C. pallida* más 63.8% paja de *Cynodon plectostachyus*. *C. pallida* presentó un contenido mayor de PC (21.2%) en comparación con el heno de alfalfa (17%). Asimismo, los valores de digestibilidad de la MS, la FDN, FDA, la celulosa y la hemicelulosa fueron estadísticamente similares a los observados con el heno de alfalfa. Esto significa que es una alternativa como suplemento proteico cuando las dietas están basadas en forrajes de baja calidad para la alimentación de ovinos (Ramírez-Lozano et al., 2016).

En el noreste de Nigeria, *Celtis integrifolia* fue evaluada junto con 10 árboles forrajeros, PC 15.36% - 16%, calcio 1.93% y tuvo el nivel más alto de FDN 59.59%, así como valores significativos de lignina y oxalatos (Njidda et al., 2021). Ovinos alimentados con hojas mostraron bajo consumo de MS, quizás por su alta concentración de fibra y lignina, esto redujo la palatabilidad y la tasa de digestibilidad ruminal. Debido a esto, *C. integrifolia* no debe ser usado como único forraje, sino complementado con dietas mixtas, evitando los efectos negativos sobre la fermentación ruminal (Ibrahim & Abbator, 2015)

La especie *Celtis pallida* tiene valores de PC de 24.3%, bajos de lignina detergente ácida (LDA) de 2.18%, moderados de FDN 44.65% y extracto etéreo de 2.38%. Sus valores lo colocan en la clasificación de forrajes de alta calidad (NCR, 2007).

El perfil de minerales de *C. pallida* ha sido comparado con otras especies nativas de zonas áridas del norte de México (Guerrero-Cervantes et al., 2012). Los resultados establecieron que *C. pallida* constituye una fuente importante de minerales esenciales para rumiantes en pastoreo, con especial valor en calcio (18 g/kg MS), hierro (312 mg/kg MS), potasio 827 g/kg MS) y zinc (67 mg/kg

MS). Estos autores recomiendan su uso como forraje complementario, ideal en programas de manejo extensivo. Además, sugieren considerarla como parte de las estrategias integradas de suplementación mineral en lugares áridos.

Diversos autores concluyen que, debido a su composición química y digestibilidad, *Celtis* tiene el potencial de aumentar la productividad animal, principalmente en pequeños rumiantes.

Caprinos

Una de las características de los caprinos es el ramoneo, actividad donde se alimentan de hojas, rebrotes y frutos de plantas leñosas, principalmente arbustos.

Celtis pallida es una especie muy consumida. En un estudio en México, evaluaron la dieta de cabras españolas en libre pastoreo. Encontraron que el consumo de *C. pallida* alcanzó 11.4% en julio, 9.2% en agosto y 8.3% en noviembre. Así, los valores disminuyeron en función a la temporada. Esta especie siempre estuvo presente en la dieta de las cabras a lo largo del año (Ramírez et al., 1990).

C. pallida es uno de los arbustos consumidos por cabras con preferencia estacional (agosto-diciembre) y aporta a la dieta con un 2.6% de la dieta anual. Aunque su consumo fue menor que *Acacia rigidula* (54.8%) (Ramírez et al., 1993). En otro estudio, incorporaron *C. pallida* a una dieta con un 22% de *C. pallida* más 78% de paja de frijol. No hubo diferencias en cuanto al consumo de MS, aunque sí de FDN y FDA (Ramírez, 1998).

En un estudio de una zona semiárida de México encontraron que fue una especie arbustiva consumida en un 8.4% en la dieta de cabras, además mostró un valor nutricional de 20.6 de PC y 4% de lignina (Foroughbakhch et al., 2012).

En otro experimento, en México, se utilizó un grupo de 40 cabras Alpina francesa con peso promedio de 50 ± 0.5 . Se registraron hábitos de consumo. Los muestreos se hicieron simulando el bocado del animal. Se registraron sus hábitos de consumo. Se encontró un contenido de PC en hojas de 18.5% y de 8.1% en tallos. También se observó que los tallos tuvieron más actividad de eliminación de radicales libres que las hojas (44.02% vs 29.49%)(Cuchillo, 2013).

Celtis africana fue estudiada en Sudáfrica, con cabras Nguni, una raza autóctona. El experimento evaluó el consumo de especies leñosas: *C. africana* y *Searsia lancea*. Los animales presentaron mejoras significativas en el consumo de MS y ganancia diaria de peso (GDP) en comparación la suplementación con *Searsia lancea* y forrajes mixtos. (Phiri et al., 2023). En otro estudio, con la misma especie, se estudió *C. africana* como suplemento en la dieta de forma ilimitada. Las cabras que consumieron esta planta tuvieron una mayor ganancia de peso (63.22 ± 6.78 g/día). Aunque afectó la salud renal y hepática, favoreciendo la proteinuria (Phiri et al., 2025).

Fauna silvestre

Venados

Existen estudios de plantas forrajeras que sirven como alimento a venados cola blanca (*Odocoileus virginianus Texanus*). En las estaciones de primavera y verano, *Celtis pallida* alcanza valores altos de PC (30%) y disminuye en invierno (Ramírez-Lozano, 2003).

Aves

Un estudio evaluó las dietas de dos especies de pájaros carpinteros: *Melanerpes aurifrons* y *Picoides scalaris*, encontrando que *Melanerpes aurifrons* consumieron frutos de distintas plantas (20% de su dieta), incluida *C. pallida* (Schroeder et al., 2013). Otra ave, *Phytotoma rutila*, fue estudiada en Argentina donde encontraron que una de las especies vegetales más consumidas, tanto por los adultos como por los polluelos, fue *Celtis ehrenbergiana* con 9.9% de las hojas y frutos 14.4% (Bosque & Bucher, 2017). En otro estudio se analizó el consumo de frutos o semillas por parte del ave pico grueso *Eophona personata* y la dispersión de semillas de dos especies de árboles del género *Celtis*: *Celtis biondii* y *Celtis sinensis*, en Japón. Durante tres años de estudio, *C. biondii* obtuvo el mayor consumo. Sin embargo, las semillas de *C. biondii* (28 cal) aportaron menos energía que *C. sinensis* (51 cal). Este consumo selectivo puede estar relacionado a una mayor disponibilidad frutal de *C. biondii* y una preferencia por la dureza en la semilla por parte de los *E. personata* (Yoshikawa et al., 2012). Un trabajo en codornices, *Colinus virginianus texanus* y *Callipepla squamata castanogastris*, en el suroeste de Texas, determinó que los frutos y semillas de *C. pallida* forma parte importante de la dieta (8.37%) (Campbell-Kissock et al., 1985).

Monos

Se documentaron los hábitos alimenticios, durante un año, de seis monos aulladores (*Alouatta* spp.) en Brasil. Se registró que el 73% fue constituido por hojas de 68 especies vegetales. *Celtis iguanae* tuvo 11.62%, siendo la planta con mayor importancia alimentaria para los monos aulladores (Chiarello, 1994).

Osos

En la región del Himalaya se evaluaron 192 excretas del oso negro asiático (*Ursus thibetanus*), durante la temporada de otoño (prehibernación), con el fin de determinar los componentes de su dieta, los resultados mostraron que los frutos de *Celtis australis* representaron el 48.89% de su dieta total (Bashir et al., 2020).

Perros mapaches

En Japón, se estudió la dieta de los perros mapaches (*Nyctereutes procyonoides*), en parques urbanos durante invierno. El consumo de frutos en su dieta de *Celtis sinensis* fue de 35.9%, el segundo fruto más consumido. Estos resultados muestran que la alimentación se da en espacios urbanos (Enomoto et al., 2018).

Tortugas

La tortuga *Pseudemys gorzugi* utiliza *Celtis reticulata* en su dieta, esta especie es importante porque es una especie amenazada en Nuevo México y México. *C. reticulata* es consumida por machos, hembras y juveniles (Letter et al., 2019).

A pesar de existir una descripción cualitativa del consumo de *Celtis*, por las diferentes especies en fauna silvestre, estos carecen de profundidad para establecer información sobre el efecto en la alimentación animal, sin duda por la dificultad de establecer métodos experimentales.

CONCLUSIONES

El género *Celtis* es un recurso alimenticio para rumiantes domésticos y fauna silvestre. Está presente en diversos ecosistemas alrededor del mundo. Su mayor aprovechamiento como forraje

se da en zonas áridas y semiáridas debido a su adaptabilidad en condiciones de estrés hídrico. Se recomienda su inclusión como una parte de la dieta total, no existen estudios que traten el nivel de inclusión máximo. Son necesarias más investigaciones para conocer su efecto en la alimentación animal.

REFERENCIAS

- Bashir, F., Nawab, M., Ganai, B.A., & Bashir, T. (2020). Patterns of resource use by Asiatic black bear *Ursus thibetanus* during pre-hibernation in Kashmir Himalaya, India. *Journal of Natural History*, 54(37-38), 2455-2469. <https://doi.org/10.1080/00222933.2020.1850902>
- Birnie-Gauvin, K., Peiman KS, Raubenheimer, D., & Cooke, S.J. (2017) Nutritional physiology and ecology of wildlife in a changing world. *Conservation Physiology*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cox030>
- Bosque, C., & Bucher, E. H. (2017). The diet of nestling and breeding White-tipped Plantcutters (*Phytotoma rutila*). *Emu - Austral Ornithology*, 117(2), 194-198. <https://doi.org/10.1080/01584197.2017.1293475>
- Campbell-Kissock, L., Blankenship, L.H., & Stewart, J. W. (1985). Plant and Animal Foods of Bobwhite and Scaled Quail in Southwest Texas. *The Southwestern Naturalist*, Vol. 30, N, 543–553.
- Chávez Espinoza, M., Bernal Barragán, H., Guerrero Cervantes, M., Cantú Silva, I., Cotera Correa, M., González Rodríguez, H., & Estrada Castellón, A. E. (2022). Seasonal nutritive value and *in vitro* fermentation kinetics of foliage of some multipurpose shrub species in northeastern Mexico. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 10(3), 184-194. [https://doi.org/10.17138/tgft\(10\)184-194](https://doi.org/10.17138/tgft(10)184-194)
- Chiarello, A. G. (1994). Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a semi-deciduous forest fragment of southeastern Brazil. *Primates*, 35(1), 25–34. <https://doi.org/10.1007/BF02381483>
- Cuchillo, H. M., Puga, D. C., Wrage-Mönning, N., Espinosa, M. J. G., Montaña, B. S., Navarro-Ocaña, A., & Pérez-Gil, R. F. (2013). Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species ingested by goats on semiarid rangelands. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 22(2), 106-115. <https://doi.org/10.22358/jafs/66000/2013>
- Domínguez-Gómez, G., Ramírez-Lozano, G., González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, V., & Alvarado, S. (2014). Mineral content in four browse species from northeastern Mexico. *Pakistan Journal of Botany*, 46(4), 1421-1429.
- Enomoto, T., Saito, M.U., Yoshikawa, M., & Kaneko, Y. (2018). Winter Diet of the Raccoon Dog (*Nyctereutes procyonoides*) in Urban Parks, Central Tokyo. *Mammal Study*, 43(4), ms2018-0024. <https://doi.org/10.3106/ms2018-0024>
- Espinoza, C., Rodríguez, G., Silva, C., Correa, C., Castellón, E., Barragán, B., & Meza, G. (2020). Foliar mineral content of five shrub species with nutritional potential for small ruminants in semiarid regions in northeastern Mexico. *Ciência Rural*, 50(10), 1-11. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200202>
- Foroughbakhch, R., Hernandez-Pinero, L. & Carrillo-Parra, A. (2012) Nutrient Profile, Floristic Compositions and Preference Index of Shrubs and Herbs Consumed by Goats in Semiarid Region of Northeastern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11 (9), 1299-1305. <https://doi.org/10.36478/javaa.2012.1299.1305>
- Ganai, A.M., Mattoo, F.A., Ahmad, H.A., & Bakshi, M.P. S. (2008). Evaluation of some top fodder foliages of Kashmir Valley. *Applied Biological Research*, 10(1y2), 11-16.

- Ganai, I.A., Sharma, R.K., Pathak, A.K., Khan, N. & Rastogi, A. (2022). Chemical Composition, Phenolic Fractions, Protein Fractions and *In Vitro* True Dry Matter Digestibility of Fodder Top Foliages of District Poonch of Jammu and Kashmir. *Journal of Animal Research*, 12(03) 415-420. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.03.2022.15>
- Guerrero-Cervantes, M., Ramírez, R.G., González-Rodríguez, H., Cerrillo-Soto, A., & Juárez-Réyes, A. (2012). Mineral content in range forages from north Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, 40(2), 102-107. <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.607907>
- Habib, G., Khan, A., Sultan, A., & Ali, M. (2016). Nutritive value of common tree leaves for livestock in the semi-arid and arid rangelands of Northern Pakistan. *Livestock Science*, 184, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.009>
- Ibrahim, H., & Abbator, F. (2015). Intake and nutrient digestibility in sheep fed some semi-arid browse plants. *Nigerian Journal of Animal Production*, 633-636. <https://doi.org/10.51791/njap.vi.7785>
- Kara, K. Aktuğ, E. & Özkaya, S. (2016) Digestibilidad ruminal, recuento microbiano, ácidos grasos volátiles y cinética de gases de fuentes alternativas de forraje para zonas áridas y semiáridas como *in vitro*. *Italian Journal Anim. Science* 15, 673-680. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249420>
- Katoch, N., Tripathi, A., & Sood, S. (2018). Possibilities of non-conventional feed resources in livestock feeding-A review. *Forage Research*, 44, 141-151.
- Keser, S., Keser, F., Kaygili, O., Tekin, S., Turkoglu, I., Demir, E., Turkoglu, S., Karatepe, M., Sandal, S., & Kirbag, S. (2017). Phytochemical Compounds and Biological Activities of *Celtis tournefortii* Fruits. *Analytical Chemistry Letters*, 7(3), 344-355. <https://doi.org/10.1080/2297928.2017.1329664>
- Kurdi, S.J.A. (2023). Polyphenol and Fatty Acid Content of *Celtis tournefortii* Lam and *Prosopis farcta* in Maznie Sub-district, Kurdistan region of Iraq. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11(1), 360–375. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.1.27>
- Letter, A.W., Waldon, K. J., Pollock, D.A., & Mali, I. (2019). Dietary Habits of Rio Grande Cooters (*Pseudemys gorzugi*) from Two Sites within the Black River, Eddy County, New Mexico, USA. *Journal of Herpetology*, 53(3), 204. <https://doi.org/10.1670/18-057>
- NCR. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11654>
- Njidda, A. A., Al-Habib, I. K., & Oloche, J. (2021). Anti-Nutritive Factors, Mineral Profile, *In Vitro* Gas Production and Fermentation Characteristics of Ten Browse Forage Leaves. *Nigeria Agricultural Journal*, 52(2), 390-399
- Nota, G., Svensk, M., Frund, D., Lombardi, G., Barberis, D., Pagani, R., Pittarello, M., Probo, M., Ravetto Enri, S., & Lonati, M. (2024). Foraging behavior of Highland cattle in silvopastoral systems in the Alps. *Agroforestry Systems*, 98, 491-505. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00926-z>
- Phiri, F., & Kanengoni, A.T. (2025). Seasonal effects of *Searsia lancea*, *Celtis africana* and concentrate supplementation on weight changes, serum and urine metabolites in South African Nguni goats. *Tropical Animal Health Production*, 57, 279 <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04523-3>
- Phiri, F., Kanengoni, A. T., Hattas, D., & Mbatha, K. R. (2023). Seasonal effects of *Rhus lancea* and *Celtis africana* on intake, preference, and physiological responses in South African indigenous goats. *South African Journal of Animal Science*, 52(6), 900-913. <https://doi.org/10.4314/sajas.v52i6.15>
- Ramírez-Lozano R. 2003. Nutrición del Venado Cola Blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 40-62
- Ramírez, R. (1998). Nutrient digestion and nitrogen utilization by goats fed native shrubs *Celtis pallida*,

- Leucophullum texanum* and *Porlieria angustifolia*. *Small Ruminant Research*, 28(1), 47–51. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00067-9)
- Ramírez-Lozano, R., Ledezma-Torres, A., & González-Rodríguez, H. (2016). Influence of the shrubs *Celtis pallida* and *Ziziphus obtusifolia* on intake, digestion and N balance by sheep. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 74(96), 18-22.
- Ramírez, R., Rodríguez, A., Flores, A., Carlos, J., & García, J. (1990). Botanical composition of diets selected by range goats in Northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, 3(2), 97–107. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(90\)90085-K](https://doi.org/10.1016/0921-4488(90)90085-K)
- Ramírez, R. G., Saucedo, J. G., Narro, J. A., & Aranda, J. (1993). Preference Indices for Forage Species Grazed by Spanish Goats on a Semiarid Shrubland in México. *Journal of Applied Animal Research*, 3(1), 55-66. <https://doi.org/10.1080/09712119.1993.9705953>
- Safari, F., Hassanpour, H., & Alijanpour, A. (2023). Evaluation of hackberry (*Celtis australis* L.) fruits as sources of bioactive compounds. *Scientific Reports*, 13(1), 12233. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39421-x>
- Salazar-Ortiz, J., Gastelum-Mendoza, F. I., Serna-Lagunes, R., Cantú-Ayala, C. M., & González-Saldívar, F. (2019). Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre. *Agro Productividad*, 12(4). <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.391>
- Sahoo, B., Garg, A. K., Mohanta, R. K., Bhar, R., Thirumurgan, P., Sharma, A. K., & Pandey, A. B. (2016). Nutritional value and tannin profile of forest foliages in temperate sub-Himalayas. *Range Management and Agroforestry*, 37(2), 228-232.
- Schroeder, E. L., Boal, C. W., & Glasscock, S. N. (2013). Nestling Diets and Provisioning Rates of Sympatric Golden-fronted and Ladder-backed Woodpeckers. *The Wilson Journal of Ornithology*, 125(1), 188-192. <https://doi.org/10.1676/12-041.1>
- Singh, B., Kumar, M., Cabral-Pinto, M. M. S., & Bhatt, B. P. (2022). Seasonal and Altitudinal Variation in Chemical Composition of *Celtis australis* L. Tree Foliage. *Land*, 11(12), 2271. <https://doi.org/10.3390/land11122271>
- Urdampilleta, M., Totino, M., González-Arzac, A., Abt Giubergia, M., Lorenz, G., & Matteucci, D. (2023). Landscape agroecology: woody vegetation heterogeneity and its association with natural and human factors at a multifunctional peasant socio-ecosystem from a semi-arid mountain range area (Dry Chaco, Argentina). *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(10), 1541-1573. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2254719>
- Vargas-Colin, A., Flores, J., Romo-Campos, R., Douterlungne, D., Yáñez-Espinosa, L., González, M., & Luzuriaga, L. (2022). Changes in rainfall amount and seasonality modulate taxonomic, functional, and phylogenetic diversity in a gypsophilous plant community in the Chihuahuan Desert. *Plant Ecology & Diversity*, 15(5-6), 265-280. <https://doi.org/10.1080/17550874.2022.2130017>
- Yoshikawa, T., Masaki, T., Isagi, Y., & Kikuzawa, K. (2012). Interspecific and annual variation in pre-dispersal seed predation by a granivorous bird in two East Asian hackberries, *Celtis biondii* and *Celtis sinensis*. *Plant Biology*, 14(3), 506-514. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2011.00528.x>

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

