

Pecuarios.com

Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

Pecuarios.com

Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

VOLUMEN 3 | JULIO - AGOSTO 2025

ISSN-e: 2992-7293

COMITÉ EDITORIAL

Director:

Luis Felipe Islas Guerra

luis@pecuarios.com

Director Adjunto:

Manuel Pérez Menéndez

manuel@pecuarios.com

Editores:

Dra. María Elena Trujillo Ortega

Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz

Dr. Juan Carlos del Río García

Publicación de la Biblioteca Digital Pecuarios.com Digital Año 3, Vol. 3, Núm 16, Julio - Agosto 2025, es una publicación bimestral editada por Pecuarios.com, calle León Guzmán #305-8, Colonia Centro, Teziutlán, Puebla, C.P. 73800, Tel. (231) 312-4060, <https://www.pecuarios.com>, editorial@pecuarios.com, Editor responsable: Luis Felipe Islas Guerra, luis@pecuarios.com. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo, género publicaciones periódicas 04-2024-030110590400-20, ISSN-e 2992-7293, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor.

Los artículos y fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor están reservados conforme a la Ley y a los convenios de los países signatarios de las Convenciones Panamericana e Internacional de Derechos de Autor. La reproducción parcial o total de este número solo podrá hacerse previa autorización escrita del Editor de la publicación. Derechos Reservados © 2022-2025, Pecuarios.com Última actualización: 01 de Julio de 2025.

CONTENIDO:

Avicultura.mx

Caracterización de ácidos húmicos provenientes de lombricompostas y su capacidad adsortiva de AFB1 en pavitos de engorda 05

Autores: *Jesús Adonai Maguey González* | *María de Jesús Nava Ramírez* | *Abraham Méndez Albores Alma Vázquez Durán* | *Guillermo Téllez Isaías* | *María de los Ángeles Lourdes* | *Rubén Merino Guzmán Sergio Gómez Rosales* | *Xochitl Hernández Velasco*

Escenarios históricos, presentes y futuros de la oferta y la demanda del sector huevo para plato en México 20

Autores: *Francisco Alejandro Alonso Pesado*

Presencia de Nematodos en aves productoras de huevo en sistemas de traspatio en municipios del estado de México 31

Autores: *Miguel Torres Bautista*

Ganaderia.com

Efecto de la condición corporal, época del año, hato y tratamiento con GnRH sobre el porcentaje de gestación con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas en sistema doble propósito en la costa central de Veracruz 35

Autores: *Raymundo Salvador Gudiño Escandón* | *Cynthia O. Retureta González,* | *Jorge Palacios Molina Vicente E. Vega Murillo*

Integración de modelos de nicho ecológico y de distribución de especies para un manejo sanitario sustentable de los hatos de bovinos 47

Autores: *Uriel Mauricio Valdez Espinoza* | *Andrés Lira Noriega* | *Diego Santiago Alarcón*

Tipificación de producción bovina en la sierra norte de Puebla 58

Autores: *Gricelda Santiago Hernández* | *Salomón Vázquez López*

CONTENIDO:

Ganaderia.com

Transformación digital: BigVaca, para una ganadería incluyente, rentable y sustentable con #elinternetdelasvacas 69

Autores: José Carlos Sánchez Valadés

Porcicultura.com

El valor agregado como aliado de la industria 95

Autores: Andrea Olea Medellín

Espesor de grasa dorsal, indicador clave para maximizar la productividad de la cerda 105

Autores: Gerardo Ordaz Ochoa

Farmacocinética superior del Hiclato de Doxiciclina en cerdos con una nueva forma farmacéutica administrada en el alimento 118

Autores: Mónica Zermeño Acosta | Héctor Sumano López | Jorge Luna del Villar

Lilia Gutiérrez Olvera

Los básicos para entender el mercado de la carne de cerdo 124

Autores: José Cuevas Valdez

Respuesta inmune a una nueva vacuna activa apatógena (cepa G16X) contra el VPRRS en hembras y lechones en una granja comercial de ciclo completo 130

Autores: José María Wence Ángel | A. Carranza | B. Reyes

XENOTRANPLANTES: El cerdo doméstico como solución prometedora 139

Autores: Ana Gabriela López Meza

Caracterización de ácidos húmicos provenientes de lombricompostas y su capacidad adsortiva de AFB1 en pavitos de engorda

Jesús Adonai Maguey-González ¹, María de Jesús Nava-Ramírez ², Sergio Gómez-Rosales ³, María de los Ángeles Lourdes ³, Rubén Merino-Guzmán ⁶, Xochitl Hernández-Velasco ⁶, Alma Vázquez-Durán ², Abraham Méndez-Albores ² y Guillermo Téllez-Isaías ⁸

Resumen

En la presente investigación, se realizó la caracterización de ácidos húmicos (AH) aislados de lombricompostas mediante las técnicas de potencial Z (ζ), punto de carga cero (pHpzc), espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier con reflexión total atenuada (FTIR-ATR), microscopia electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de rayos X con dispersión de energía (EDS) para conocer la naturaleza de las interacciones físicas y químicas entre los AH y la molécula de aflatoxina B1 (AFB1). Adicionalmente se utilizó un modelo *in vitro* que simula el tracto digestivo de las aves de engorda para evaluar la capacidad adsortiva de AFB1. En la segunda parte del experimento se evaluó la eficacia de AH como adsorbentes de AFB1 en pavos que consumieron dieta contaminada con 250 ppb de AFB1 de alimento en términos de parámetros de rendimiento productivo, histopatología de intestino e hígado y permeabilidad intestinal. Los resultados de la caracterización revelaron que los grupos funcionales primarios en los AH son los ácidos carboxílicos y fenólicos. Además, se observó una superficie con una fuerte carga negativa en los pH simulados. El porcentaje de adsorción de AFB1 fue del 97.6% en comparación al 81.5% de la zeolita utilizada como referencia, en el modelo *in vitro* ($P < 0.05$). En el modelo *in vivo*, la adición de AH mejoró el peso corporal (PC), la ganancia diaria de peso (GDP) y el índice de conversión alimenticia (CA). Además, los AH mitigaron eficazmente los efectos tóxicos causados por la AFB1 en la mayoría de las variables analizadas. Los resultados indicaron que los AH contrarrestaron eficazmente los efectos tóxicos inducidos por AFB1 en los pavitos. Con base en estos hallazgos, se puede concluir que los AH son capaz de eliminar la AFB1 de la dieta contaminada.

Palabras clave: **Caracterización, Ácidos húmicos, AFB1, Aves de engorda**

I. INTRODUCCIÓN

La Aflatoxina B1 (AFB1), una micotoxina altamente tóxica producida principalmente por los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, representa una preocupación importante en la crianza de pavos, especialmente para los pavitos (polluelos de pavo) (1,2). La contaminación con aflatoxinas reduce la calidad del alimento y el rendimiento de los animales debido a una conversión deficiente de nutrientes (3). La aflatoxicosis en pavos se manifiesta como apatía, disminución del apetito, retraso en el crecimiento, utilización ineficiente del alimento, menor producción de huevos y mayor mortalidad. Además, la contaminación con aflatoxinas en el alimento puede afectar tanto la respuesta inmunitaria humoral como la celular, haciendo que las aves sean más susceptibles a agentes ambientales e infecciosos (4–6). Estudios previos han informado ampliamente sobre la presencia de cepas potencialmente productoras de aflatoxinas y moléculas de AFB1 en alimentos comerciales para pavos. En consecuencia, existe una necesidad urgente de métodos prácticos y rentables para descontaminar el alimento con aflatoxinas a gran escala (7). Se han empleado diversas técnicas físicas, químicas y biológicas para descontaminar productos agrícolas con buenos resultados, pero su implementación se ha visto limitada por la incertidumbre acerca de su efectividad *in vivo* (8). Un enfoque práctico es la utilización de materiales adsorbentes no nutritivos, que pueden unirse eficazmente a las micotoxinas e inhibir su absorción en el tracto gastrointestinal (9), reduciendo así su impacto tóxico en los pavos (10). Sin embargo, no todos los adsorbentes presentan una efectividad significativa, e incluso algunos pueden dificultar la utilización de nutrientes. Un adsorbente óptimo debe mostrar una alta afinidad por las aflatoxinas, facilitando la formación de complejos estables con un mínimo riesgo de disociación. Además, debe poseer una capacidad de unión considerable para evitar la saturación (11).

Las sustancias húmicas (HS) se encuentran ampliamente distribuidas en áreas en descomposición o sedimentación, como los suelos (12). Dentro de las HS, se distinguen tres componentes según su solubilidad: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y humina (13). Estas sustancias han demostrado una fuerte capacidad para unirse a diversos compuestos, incluidos metales pesados, herbicidas, mutágenos, compuestos aromáticos, minerales y bacterias (14). Estudios recientes han demostrado que la incorporación de HS en las dietas de los pavos promueve el crecimiento al mejorar la digestibilidad de la energía y la retención de nutrientes (15,16). Aunque los mecanismos específicos detrás de este efecto promotor del crecimiento no se comprenden completamente, la inclusión de AH en la dieta del pollo aumenta la viscosidad intestinal y mejora su integridad (17,18). Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo preparar y caracterizar AH provenientes de lombricompostas, además de evaluar su capacidad adsorbente en un modelo *in vitro* y su posterior uso en pavitos de engorda expuestos a una dieta contaminada con AFB1 por 28 días.

II. MATERIALES Y METODOS

Ácidos húmicos

Tal como se describió previamente (19), los AH se extrajeron y aislaron a partir de una lombricomposta. La extracción se realizó empleando una solución de hidróxido de sodio (NaOH 1M) en una proporción composta: álcali de 1:4. La mezcla se agitó durante 2 horas. Una vez transcurridas 24 horas a temperatura

ambiente, se filtró la suspensión utilizando un papel filtro Whatman grado 40. Posteriormente, se separó el sobrenadante por decantación tras centrifugar el filtrado a 3500 x g durante 15 minutos. El sobrenadante que contenían los AH se acidificó con HCl al 10% y se agitó continuamente hasta alcanzar un pH de 2, lo que permitió la precipitación de los AH. La separación de los AH de los ácidos fúlvicos se realizó mediante centrifugación a 3500 x g durante 15 minutos. Finalmente, el precipitado (AH) se neutralizó con NaOH 1M hasta alcanzar un pH de 10 y luego se secó en horno a 60°C, obteniéndose un polvo negro como resultado.

Caracterización de los ácidos húmicos

Los ácidos húmicos se caracterizaron mediante las técnicas de potencial Z (ζ), espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier con reflexión total atenuada (FTIR-ATR) y microscopia electrónica de barrido (SEM) previamente descritas (20).

Estudio *In Vitro*

La capacidad adsorbente de los ácidos húmicos sobre la AFB1 se evaluó mediante un modelo *in vitro* que simula el tracto digestivo de las aves de engorda. En este modelo se simulan las principales condiciones fisiológicas (enzimáticas, temperatura y pH) del buche, proventrículo e intestino de las aves de engorda, con ligeras modificaciones (19). La dieta experimental utilizada fue a base de maíz-soya contaminada con 100 µg AFB1/kg. Se colocaron 5 g de alimento contaminado con AFB1 y 10 mg de cada material adsorbente en tubos de polipropileno de 50 mL. El proceso completo de digestión *in vitro* tomó 3 horas y 15 minutos. Posteriormente, se recolectó el sobrenadante de todos los tubos y se almacenó a -20°C para análisis posteriores tras centrifugarlos a 7000xg durante 30 minutos. Para determinar la concentración real de AFB1 en cada tubo, también se prepararon controles (sin la adición de materiales adsorbentes). Todo el experimento se realizó por quintuplicado.

Estudio *In Vivo*

Se utilizaron un total de 350 pavitos hembra Nicholas-700 de 1 día de edad (Aviagen Inc., AR, USA) criados en corrales durante 28 días. Los pavitos se pesaron colectivamente (10 aves por corral) y se asignaron aleatoriamente a uno de los cinco grupos:

1. Control negativo (dieta basal)
2. Control positivo (dieta basal + 250 ppb AFB1)
3. AH (dieta basal + 0.25% de ácido húmico)
4. AH + AFB1 (dieta basal + AH + 250 ppb AFB1)
5. Zeolita + AFB1 (dieta basal + 0.25% zeolita + 250 ppb AFB1)

Cada grupo tuvo siete réplicas de 10 pavitos (n = 70). Se formuló una dieta a base de maíz y soya para pavitos que se aproxima a los requerimientos nutricionales recomendados por el NRC (17). La AFB1, los AH

y la zeolita (adsorbente utilizado como referencia) se agregaron a la dieta y se mezclaron completamente hasta alcanzar el nivel especificado. Los pavitos se pesaron colectivamente cada semana para determinar el peso corporal (PC) y la ganancia de peso corporal (GPC), consumo de alimento (CA) e índice de conversión alimenticia (ICA). Adicionalmente, se tomaron muestras para histopatología de intestino e hígado y permeabilidad intestinal. Todas las aves fueron sacrificadas el día 28 por inhalación de CO₂.

Cuantificación de AFB₁

Se utilizaron columnas de inmunoafinidad (Afla-B, Vicam, Watertown, MA, USA) para separar específicamente la AFB₁ del resto de la muestra. El contenido de aflatoxinas se determinó mediante cromatografía líquida de alto rendimiento con un método de detección por fluorescencia. La composición consistió en 86.82% AFB₁, 8.22% AFG₁, 4.55% AFB₂ y 0.37% AFG₂. Las dietas se analizaron para verificar la concentración real de AFB₁.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA de un factor) en un diseño completamente aleatorizado. Las diferencias significativas entre las medias se determinaron mediante la prueba de Tukey. Se utilizó un valor de $\alpha=0.05$ para detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización

En general, los espectros FTIR-ATR mostraron que los AH contienen una amplia variedad de grupos funcionales ácidos como carboxílicos, carbonilos, hidroxilos y fenólicos (dominios hidrofílicos), así como grupos alifáticos, aromáticos y metilo (dominios hidrofóbicos) (Cuadro 1). Estos grupos funcionales se consideran sitios potenciales para la unión de contaminantes (12,21), y para la formación de complejos con ciertos cationes metálicos (14). Otros estudios indican que los grupos fenólicos asociados a OH, C-O, C=O forman enlaces de hidrógeno con ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos (22–24). Por ejemplo, Vázquez-Durán et al (2021) indicaron que el OH podría establecer enlaces de hidrógeno con los átomos de oxígeno en los grupos metoxi, carbonilo y éter de la molécula AFB₁.

Cuadro 1.

Asignación de bandas de las frecuencias vibracionales de los ácidos húmicos y una zeolita.

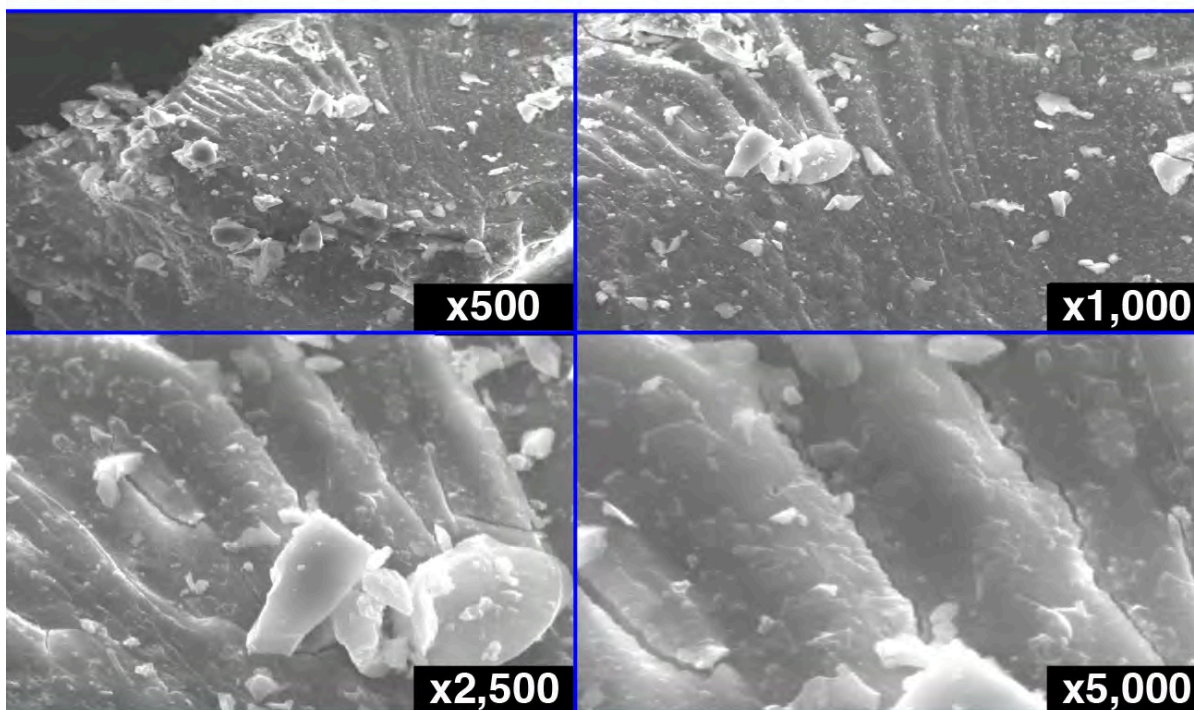
Banda	Número de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional asociado
AH		
A	3267	Vibraciones de estiramiento O-H y parcialmente estiramiento N-H
B	2926	CH ₂ y CH ₃ alifáticos
C	1571	COO ⁻ , amidas (NH ₂ de enlace NH)
E	1412	COO ⁻ estiramiento C=C (anillo aromático), O-H y C-O fenólico; C-N; C-H de CH ₃ , CH ₂ y CH
G	1120	Estiramiento C-O de alcoholes, carbonilo, ésteres y éteres, O-H de fenol y carbohidratos
I	846	Grupos aromáticos
J	620	-CH ₂ alifático
Zeolita		
A	3621	Estiramiento O-H (Al ³⁺ -OH)
B	3387	Vibraciones de estiramiento O-H
C	1630	Flexión H-O-H (agua)
D	1000	Estiramiento antisimétrico Si-O-Si
E	793	Estiramiento simétrico Si-O-Si
F	600	SiO ₄ y AlO ₄ tetraédrico
G	515	Vibración de flexión Si-O
H	444	Si-O Modo de flexión (-SiO ₄ -)

La morfología de la superficie y la microestructura de los AH se evaluaron utilizando una serie de imágenes por medio de una SEM (Figura 1). La superficie de los AH es rugosa e irregular con la presencia de agregados de la misma molécula en diversas formas y tamaños. La mayoría de las partículas tienen un tamaño de aproximadamente $163,42 \pm 20,14 \mu\text{m}$. Además, se observaron surcos en la superficie de las partículas con trazas de gránulos. Estos resultados son consistentes con la estructura granular de varios AH extraídos de diversas fuentes (26,27). La composición física y química de AH difiere según su fuente, las condiciones ambientales y el procedimiento de extracción (21,28,29). Asimismo, diversas variables, como la concentración, el pH, la fuerza iónica, el grado de ionización de los grupos ácido y las interacciones intermoleculares, influyen en la conformación estructural de los AH (13,30). La estructura de los AH se protona a un pH inferior a 4, lo que da como resultado una estructura agregada. Mientras que la carga superficial es casi nula a niveles de pH entre 4 y 6, lo que reduce la repulsión intramolecular, promoviendo una macroestructura más expandida y dispersa (26). A pH superior a 7, se puede observar una estructura

abierta y desplegada completamente (Klučáková, 2017).

Figura 1.

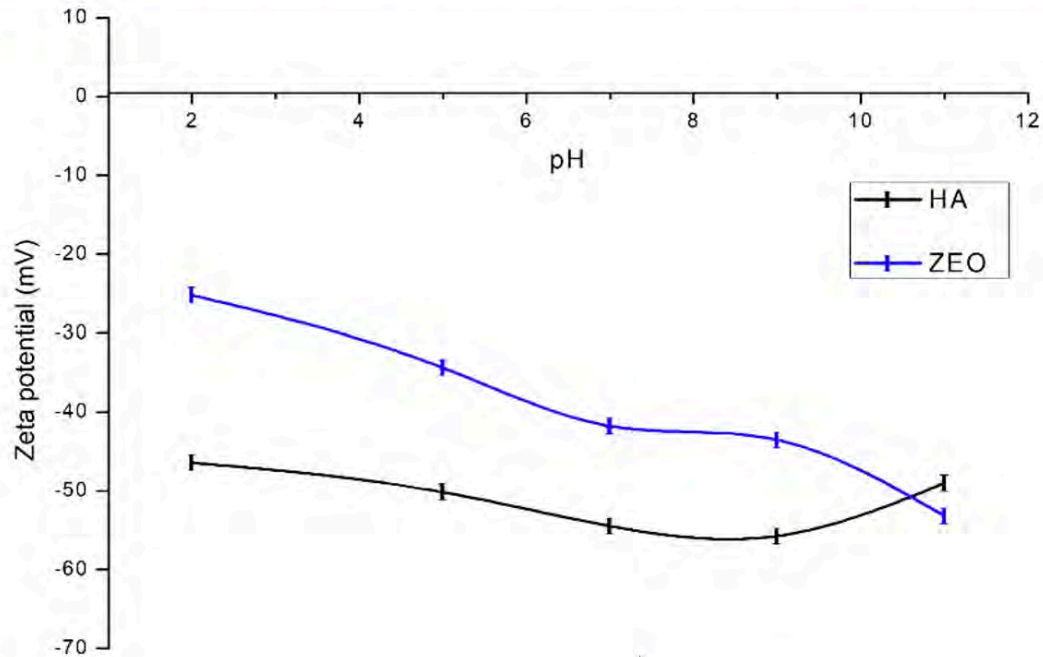
Estructura de los ácidos húmicos bajo Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) a x500, x1000, x2500 y x5000.



En los sistemas coloidales, el potencial ζ se emplea con frecuencia para conocer el comportamiento de las partículas suspendidas en un líquido. Además, la magnitud del potencial ζ indica la fuerza de la atracción o repulsión electrostática entre partículas; por lo tanto, puede usarse para describir la superficie de partículas cargadas (32,33). Los valores de pH que se utilizaron para la determinación del potencial ζ fueron 2, 5 y 7, cada uno de acuerdo con el compartimento simulado (buche, proventrículo e intestino) en el modelo *in vitro* (Figura 2). El valor del potencial ζ se vuelve más negativo a medida que aumenta el pH, de -46,44 mV, -50,16 mV a -54,46 mV. Nuestros hallazgos son consistentes con los informados por Hamza et al (2019), quienes afirman que a medida que aumenta el pH, los grupos funcionales ácidos de los AH se desprotonan, lo que da como resultado una superficie más negativa. (22,35). Las variaciones en la conformación de los grupos ácidos pueden usarse para explicar cómo las interacciones dependen del pH (31). Se reconoce que la primera disminución (pH 3) del potencial ζ corresponde a la disociación de los grupos ácido carboxílico, mientras que la segunda (pH 6) corresponde al inicio de la ionización de los grupos ácido fenólicos (36). Nuestros hallazgos muestran que los AH tienen un potencial ζ altamente negativo en los tres compartimientos del modelo *in vitro*, particularmente a pH 7. Como resultado, la molécula de la AFB1 y la superficie de los AH podrían interactuar por fuerzas electrostáticas, ya que los AH son polielectrolitos aniónicos que pueden interactuar con las moléculas AFB1 cargadas positivamente (34,37,38).

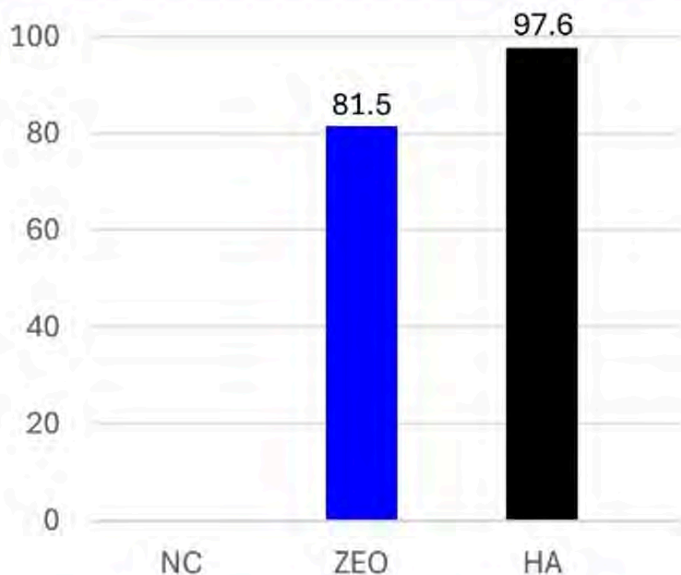
Figura 2.

Relación entre el potencial zeta (ζ) y el pH de ácidos húmicos.



Estudio *In Vitro*

Respecto al porcentaje de adsorción de AFB1 en el modelo *in vitro*. Los AH tuvieron una capacidad adsorptiva del 97.6%, en comparación al 81.5% de adsorción de una zeolita utilizada como control (Figura 3). Comparando nuestros resultados, en un estudio *in vitro* con 100 mg/ml de inclusión de AH y un reto de 20 ppb de AFB1, se observó una adsorción de AFB1 del 90.50 % (39). Además, Ye et al (2009) investigó la capacidad adsorptiva de AFB1 en presencia de diferentes niveles de AH, bajo diversos niveles de pH, tiempos de interacción y concentraciones de AFB1. Reportando, que los mayores porcentajes de adsorción fueron 88.12 % a pH 7 y 76.36 % a pH 8.

Figura 3.Capacidad adsorbtiva (%) de los ácidos húmicos contra AFB₁**Estudio *In Vivo***

El cuadro 2 resume las diferencias en el peso corporal (PC), la ganancia de peso corporal (GPC), el consumo de alimento (CA) y el índice de conversión alimenticia (ICA) en pavitos que consumieron una dieta a base de maíz-soya contaminada con aflatoxina B1 (AFB1) (250 ppb de AFB1) suplementada con AH. a los 28 días, el PC de ambos tratamientos con AH (637.47 y 571.95 g para AH y AH + AFB1, respectivamente) fue mayor que el de los tratamientos con AFB1 (428.14 g) ($P < 0.0001$). Al comparar el período de 0 a 28 días, la GPC de ambos tratamientos con AH se mantuvo significativamente más alta (581.13 y 515.25 g para AH y AH + AFB1, respectivamente) en comparación con el tratamiento control positivo (371.76 g) ($P < 0.0001$). Respecto al CA de 0 a 28 días, fue significativamente mayor en ambos tratamientos con AH (764.04 y 706.76 g para AH y AH + AFB1, respectivamente) en comparación con el tratamiento control positivo (141.75 g) ($P < 0.0001$). Finalmente, el ICA de 0 a 28 días fue significativamente mayor en el control negativo (1.56), control positivo (1.52) y ZEO + AFB1 (1.51) en comparación con ambos tratamientos con AH (1.31 y 1.37 para AH y AH + AFB1, respectivamente) ($P < 0.0001$), lo que indica una mejor ICA en los tratamientos suplementados con AH. En general, los pavitos suplementados con HA mostraron un aumento en el PC, la GPC, el CA y el ICA. Estos resultados son consistentes con hallazgos previos en pollos de engorde suplementados con sustancias húmicas derivadas de lombricomposta donde se observó una mejora en los parámetros productivos (15,41).

Cuadro 2.

Evaluación del peso corporal (PC), ganancia de peso corporal (GPC), consumo de alimento (CA) y el índice de conversión alimenticia (ICA) en pavos que consumieron una dieta a base de maíz-soya contaminada con Aflatoxina B1 (250 ppb) suplementada con ácidos húmicos.

Parámetro	NC	PC	AH	AH+AFB ₁	ZEO+AFB ₁	ESM	Valor de p
PC, g							
Día 0	56.78	56.11	56.34	56.70	56.54	0.93	0.70
Día 28	483.54 ^c	428.14 ^d	637.47 ^a	571.95 ^b	440.78 ^d	33.94	<0.0001
GPC, g							
Día 0-7	58.33	63.62	65.91	65.79	59.81	6.18	0.09
Día 0-28	426.76 ^c	371.76 ^d	581.13 ^a	515.25 ^b	384.23 ^d	33.78	<0.0001
CA, g							
Día 0-7	88.54	92.45	93.06	85.55	85.09	7.24	0.15
Día 0-28	668.44 ^b	567.76 ^c	764.04 ^a	706.76 ^{ab}	581.84 ^c	55.28	<0.0001
GPC, g							
Día 0-7	1.52 ^a	1.46 ^a	1.41 ^{ab}	1.30 ^b	1.4 ^{ab}	0.10	0.01
Día 0-28	1.56 ^a	1.52	1.31 ^b	1.37 ^b	1.51 ^a	0.05	<0.0001

^{abc} Las medias con superíndices no coincidentes dentro de las filas indican diferencias significativas a $p < 0.05$. Siete réplicas por grupo (n= 10 pollos por réplica).

El cuadro 3 resume las respuestas de degeneración hepatocelular en pollos de engorde que consumieron dietas contaminadas con AFB1 y suplementadas con AH. El tratamiento control positivo (AFB1), mostró aumentos significativos ($P < 0.05$) en la degeneración celular y vacuolar, y fibrosis en comparación con el control negativo. En los pollos tratados con AH, se encontró una menor congestión vascular ($P < 0.05$) en comparación con los grupos control positivo y negativo, y una menor hiperplasia de los conductos biliares en comparación con el grupo control positivo. El agrandamiento y aumento de peso observados en el hígado pueden atribuirse a una acumulación de lípidos, lo que conduce a una condición conocida como hígado graso friable en pollos afectados por aflatoxicosis (42). Adicionalmente, se cree que la respuesta inflamatoria es un mecanismo mediante el cual el organismo responde a la degeneración y vacuolación de los hepatocitos causada por la exposición a AFB1 (43).

Cuadro 3.

Degeneración hepatocelular en pavos que consumieron una dieta a base de maíz-soya contaminada con 250 ppb de Aflatoxina B1 durante 28 días, suplementada con ácidos húmicos.

Parámetro	NC	PC	AH	AH+AFB ₁	ZEO+AFB ₁
Degeneración celular	1.00 (1.00-1.89) ^b	2.50 (2.00-3.00) ^a	1.50 (1.00-2.89) ^{ab}	2.50 (2.00-3.00) ^a	3.00 (2.00-3.00) ^a
Degeneración vacuolar	1.50 (0.11-2.89) ^a	1.00 (1.00-3.00) ^a	1.50 (0.11-2.89) ^a	1.50 (0.00-3.00) ^a	1.00 (0.11-2.00) ^a
Congestión de vasos	2.00 (1.00-2.00) ^a	2.00 (1.00-2.00) ^a	1.00 (1.00-1.00) ^b	1.50 (0.11-2.89) ^{ab}	1.00 (0.11-2.00) ^{ab}
Hiperplasia de conductos	0.00 (0.00-1.89) ^{ab}	1.50 (1.00-2.00) ^a	0.50 (0.00-1.00) ^b	1.00 (0.00-1.89) ^{ab}	0.50 (0.00-2.00) ^{ab}
Bilias Fibrosis	0.00 (0.00-0.89) ^b	1.00 (1.00-1.00) ^a	0.00 (0.00-1.00) ^{ab}	0.50 (0.00-1.00) ^{ab}	0.00 (0.00-0.00) ^c

Los datos se expresan como mediana (ICI-ICS al 95%). Los superíndices a, b dentro de las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$), de acuerdo con la prueba de la mediana de Mood con su respectiva prueba de chi-cuadrado; n = 12. ICI: intervalos de confianza inferior; ICS: intervalos de confianza superior.

Los resultados del efecto de AH sobre el análisis morfométrico y los niveles séricos de dextrano de isotiocianato de fluoresceína (FITC-d) en pavitos que consumieron una dieta contaminada con 250 ppb de AFB1 durante 28 días se resumen en el cuadro 4. Los pavitos en los tratamientos NC, AH y AH + AFB1 mostraron un aumento significativo en la altura de las vellosidades, seguido de los pavitos en el tratamiento ZEO + AFB1. Por el contrario, el tratamiento PC mostró la altura de vellosidades más baja. Los pavitos en los tratamientos NC y AH + AFB1 mostraron el área total más alta, seguidos de los pavitos suplementados con AH y ZEO + AFB1. Mientras tanto, el tratamiento PC tuvo el área total más baja y mostró la concentración sérica más alta de FITC-d en comparación con el resto de los tratamientos experimentales. El aumento de la altura y el ancho de las vellosidades, indicadores de una mejor absorción de nutrientes, corrobora los hallazgos de Taklimi et al. y López-García et al. (44,45). De manera similar, la reducción de la permeabilidad intestinal coincide con los resultados presentados por Maguey-Gonzalez et al. (17), lo que sugiere la capacidad de los AH para fortalecer la barrera intestinal y prevenir la absorción de AFB1.

Cuadro 4.

Efecto de los AH sobre el análisis morfométrico del ileon y niveles séricos de FITC- en pollos de engorde que consumieron una dieta a base de maíz-soya contaminada con 250 ppb de AFB1 de alimento durante 28 días.

Parámetro	NC	PC	AH	AH+AFB ₁	ZEO+AFB ₁	ESM	Valor de p
Altura vellosidades (μm)							
	862.0 ^a	389.65 ^c	778.48 ^a	766.14 ^a	510.06 ^b	227.71	<0.0001
Ancho vellosidades (μm)							
	118.94 ^b	146.80 ^{ab}	116.85 ^b	157.43 ^a	125.88 ^b	60.85	0.02
Área total (μm²)							
	103.24 ^a	44.16 ^c	74.07 ^b	101.39 ^a	57.12 ^{bc}	36.69	<0.0001
FITC-d (ng/mL)							
	263.3 ^b	858.2 ^a	182.7 ^b	272.1 ^b	410 ^b	669.37	0.01

^{abc} Promedios con superíndices no coincidentes dentro de las filas indican diferencias significativas a $p < 0,05$. Siete réplicas/grupo (n= 3 pollos por réplica).

IV. CONCLUSIONES

En la primera parte de este estudio, se puede concluir que los AH derivados de lombricomposta son altamente efectivos en la adsorción de AFB1 en un modelo *in vitro*. En la segunda parte del presente estudio se confirma que la exposición a 250 ppb de AFB1 durante 28 días indujo una toxicidad severa en los pavitos, afectando el rendimiento y en general la salud de las aves. Adicionalmente, el uso de AH como aditivo alimentario en dosis relativamente bajas demostró su eficacia en la mitigación de la toxicidad de la AFB1. Estos resultados sugieren que los AH derivados de las lombricompostas pueden ser una herramienta preventiva eficaz para proteger a los pollos de engorde de los efectos nocivos del AFB1, contribuyendo a mejorar su salud intestinal y bienestar general.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. Coulombe RA. Biological Action of Mycotoxins1. J Dairy Sci. 1993 Mar 1;76(3):880–91.
2. Rawal S, Kim JE, Coulombe R. Aflatoxin B1 in poultry: toxicology, metabolism and prevention. Res Vet Sci. 2010 Dec;89(3):325–31.
3. Eskola M, Kos G, Elliott CT, Hajšlová J, Mayar S, Krska R. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020 Sep

- 7;60(16):2773–89.
4. Aiko V, Mehta A. Occurrence, detection and detoxification of mycotoxins. *J Biosci.* 2015 Dec 1;40(5):943–54.
 5. Ali T. mycotoxins and mycotoxicosis. *Pak J Sci [Internet].* 2020 [cited 2024 Apr 29];72(4). Available from: <https://pjosr.com/index.php/pjs/article/view/267>
 6. Haque MA, Wang Y, Shen Z, Li X, Saleemi MK, He C. Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry: A review. *Microb Pathog.* 2020 May 1;142:104095.
 7. Galvano F, Piva A, Ritieni A, Galvano G. Dietary Strategies to Counteract the Effects of Mycotoxins: A Review. *J Food Prot.* 2001 Jan 1;64(1):120–31.
 8. Agriopoulou S, Stamatelopoulou E, Varzakas T. Advances in Occurrence, Importance, and Mycotoxin Control Strategies: Prevention and Detoxification in Foods. *Foods.* 2020 Feb;9(2):137.
 9. Awuchi CG, Ondari EN, Nwozo S, Odongo GA, Eseoghene IJ, Twinomuhwezi H, et al. Mycotoxins' Toxicological Mechanisms Involving Humans, Livestock and Their Associated Health Concerns: A Review. *Toxins.* 2022 Feb 24;14(3):167.
 10. Anjorin TS, Salako EA, Makun HA, Anjorin TS, Salako EA, Makun HA. Control of Toxigenic Fungi and Mycotoxins with Phytochemicals: Potentials and Challenges. In: *Mycotoxin and Food Safety in Developing Countries [Internet]. IntechOpen; 2013 [cited 2024 Apr 29]. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/44084*
 11. Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety - BOUDERGUE - 2009 - EFSA Supporting Publications - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2024 Apr 29]. Available from: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/sp.efsa.2009.EN-22>
 12. Jiménez-González MA, Álvarez AM, Carral P, Almendros G. Chemometric assessment of soil organic matter storage and quality from humic acid infrared spectra. *Sci Total Environ.* 2019 Oct;685:1160–8.
 13. Sarlaki E, Paghaleh AS, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran, Kianmehr MH, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran, Vakilian KA, et al. Chemical, Spectral and Morphological Characterization of Humic Acids Extracted and Membrane Purified from Lignite. *Chem Chem Technol.* 2020 Sep 22;14(3):353–61.
 14. Guo X xia, Liu H tao, Wu S biao. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Sci Total Environ.* 2019 Apr;662:501–10.
 15. Domínguez-Negrete A, Gómez-Rosales S, Angeles M de L, López-Hernández LH, Reis de Souza TC, Latorre-Cárdenas JD, et al. Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm

- Compost in Broiler Feeds. *Animals*. 2021 Nov;11(11):3199.
16. Gomez-Rosales S, de L. Angeles M. Addition of a Worm Leachate as Source of Humic Substances in the Drinking Water of Broiler Chickens. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2015 Feb;28(2):215–22.
 17. Maguey-Gonzalez JA, Michel MA, Baxter MFA, Tellez Jr. G, Moore Jr. PA, Solis-Cruz B, et al. Effect of humic acids on intestinal viscosity, leaky gut and ammonia excretion in a 24 hr feed restriction model to induce intestinal permeability in broiler chickens. *Anim Sci J*. 2018;89(7):1002–10.
 18. Angeles M de L, Gómez-Rosales S, Téllez-Isaias G, Angeles M de L, Gómez-Rosales S, Téllez-Isaias G. Mechanisms of Action of Humic Substances as Growth Promoters in Animals. In: *Humus and Humic Substances - Recent Advances* [Internet]. IntechOpen; 2022 [cited 2024 Aug 3]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/82760>
 19. Maguey-González JA, Gómez-Rosales S, Angeles M de L, López-Hernández LH, Rodríguez-Hernández E, Solís-Cruz B, et al. Effects of humic acids on the recovery of different bacterial strains in an *in vitro* chicken digestive model. *Res Vet Sci*. 2022 Jul 1;145:21–8.
 20. Nava-Ramírez MDJ, Vázquez-Durán A, Figueroa-Cárdenas JDD, Hernández-Patlán D, Solís-Cruz B, Téllez-Isaias G, et al. Removal of Aflatoxin B1 Using Alfalfa Leaves as an Adsorbent Material: A Comparison between Two *In Vitro* Experimental Models. *Toxins*. 2023 Oct 8;15(10):604.
 21. Rupiasih NN, Vidyasagar PB. Analytical study of humic acid from various sources commonly used as fertilizer: emphasis on heavy metal content. *Int J Des Nat Ecodynamics*. 2009 Apr 22;4(1):32–46.
 22. Vermeer AWP, van Riemsdijk WH, Koopal LK. Adsorption of Humic Acid to Mineral Particles. 1. Specific and Electrostatic Interactions. *Langmuir*. 1998 May 1;14(10):2810–9.
 23. Xu D, Xu Z, Zhu S, Cao Y, Wang Y, Du X, et al. Adsorption behavior of herbicide butachlor on typical soils in China and humic acids from the soil samples. *J Colloid Interface Sci*. 2005 May;285(1):27–32.
 24. Zhang J, Dai J, Wang R, Li F, Wang W. Adsorption and desorption of divalent mercury (Hg²⁺) on humic acids and fulvic acids extracted from typical soils in China. *Colloids Surf Physicochem Eng Asp*. 2009 Mar;335(1–3):194–201.
 25. Vázquez-Durán A, Nava-Ramírez M de J, Hernández-Patlán D, Solís-Cruz B, Hernández-Gómez V, Téllez-Isaias G, et al. Potential of Kale and Lettuce Residues as Natural Adsorbents of the Carcinogen Aflatoxin B1 in a Dynamic Gastrointestinal Tract-Simulated Model. *Toxins*. 2021 Oct 31;13(11):771.
 26. Prado AGS, Pertusatti J, Nunes AR. Aspects of Protonation and Deprotonation of Humic Acid Surface on Molecular Conformation. *J Braz Chem Soc*. 2011;22(8):6.
 27. Yang F, Zhang S, Cheng K, Antonietti M. A hydrothermal process to turn waste biomass into artificial fulvic and humic acids for soil remediation. *Sci Total Environ*. 2019 Oct;686:1140–51.

28. Chen C, Wang X, Jiang H, Hu W. Direct observation of macromolecular structures of humic acid by AFM and SEM. *Colloids Surf Physicochem Eng Asp.* 2007 Jul;302(1-3):121-5.
29. Manzak A, Kurşun C, Yıldız Y. Characterization of humic acid extracted from aqueous solutions with polymer inclusion membranes. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 2017 Dec;81:14-20.
30. Tarasevich Yul, Dolenko SA, Trifonova MYu, Alekseenko EYu. Association and colloid-chemical properties of humic acids in aqueous solutions. *Colloid J.* 2013 Apr;75(2):207-13.
31. Klučáková M, Věžníková K. Micro-organization of humic acids in aqueous solutions. *J Mol Struct.* 2017 Sep;1144:33-40.
32. Butt HJ, Graf K, Kappl M. *Physics and Chemistry of Interfaces.* John Wiley & Sons; 2013. 477 p.
33. Lin DQ, Brixius PJ, Hubbuch JJ, Thömmes J, Kula MR. Biomass/adsorbent electrostatic interactions in expanded bed adsorption: A zeta potential study: Study of Zeta Potential in Expanded Bed Adsorption. *Biotechnol Bioeng.* 2003 Jul 20;83(2):149-57.
34. Hamza Z, El-Hashash M, Aly S, Hathout A, Soto E, Sabry B, et al. Preparation and characterization of yeast cell wall beta-glucan encapsulated humic acid nanoparticles as an enhanced aflatoxin B1 binder. *Carbohydr Polym.* 2019 Jan;203:185-92.
35. Illés E, Tombácz E. The role of variable surface charge and surface complexation in the adsorption of humic acid on magnetite. *Colloids Surf Physicochem Eng Asp.* 2003 Dec;230(1-3):99-109.
36. Alvarez-Puebla RA, Garrido JJ. Effect of pH on the aggregation of a gray humic acid in colloidal and solid states. *Chemosphere.* 2005 Apr;59(5):659-67.
37. Ramales-Valderrama R, Vázquez-Durán A, Méndez-Albores A. Biosorption of B-aflatoxins Using Biomasses Obtained from Formosa Firethorn [*Pyracantha koidzumii* (Hayata) Rehder]. *Toxins.* 2016 Jul 13;8(7):218.
38. van Rensburg CJ, Van Rensburg CEJ, Van Ryssen JBJ, Casey NH, Rottinghaus GE. *In Vitro* and *In Vivo* Assessment of Humic Acid as an Aflatoxin Binder in Broiler Chickens. *Poult Sci.* 2006 Sep;85(9):1576-83.
39. Abd El-Shafea Y. *in vivo* and *in vitro* evaluation of efficacy of humic acid against aflatoxins. *Al-Azhar J Pharm Sci.* 2014 Mar 1;49(1):133-54.
40. Ye SQ, Lv XZ, Zhou AG. *In Vitro* Evaluation of the Efficacy of Sodium Humate as an Aflatoxin B1 Adsorbent. 2009;5.
41. Addition of a Worm Leachate as Source of Humic Substances in the Drinking Water of Broiler Chickens [Internet]. [cited 2024 Aug 3]. Available from:

<https://www.animbiosci.org/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.14.0321>

42. McLean M, Dutton MF. Cellular interactions and metabolism of aflatoxin: An update. *Pharmacol Ther.* 1995 Jan 1;65(2):163–92.
43. Hinton DM, Myers MJ, Raybourne RA, Francke-Carroll S, Sotomayor RE, Shaddock J, et al. Immunotoxicity of Aflatoxin B1 in Rats: Effects on Lymphocytes and the Inflammatory Response in a Chronic Intermittent Dosing Study. *Toxicol Sci.* 2003 Jun 1;73(2):362–77.
44. Taklimi SMSM, Ghahri H, Isakan MA. Influence of different levels of humic acid and esterified glucomannan on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens. *Agric Sci.* 2012 Sep 21;3(5):663–8.
45. *Animals* | Free Full-Text | Effect of the Addition of Humic Substances on Morphometric Analysis and Number of Goblet Cells in the Intestinal Mucosa of Broiler Chickens [Internet]. [cited 2024 Aug 3]. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/2/212>

Escenarios históricos, presentes y futuros de la oferta y la demanda del sector huevo para plato en México

Francisco Alejandro Alonso Pesado1* | Elizabeth Rodríguez de Jesús

Resumen

México es el cuarto productor global y el mayor consumidor per cápita de huevo para plato a nivel mundial. El sector de huevo para plato en México ha presentado un aumento productivo constante durante los últimos años con una producción correspondiente al 28.25 por ciento de la producción pecuaria nacional, excluyendo la leche. La industria está conformada por 169.6 millones de gallinas ponedoras ubicadas principalmente en los estados de Jalisco, Puebla, Sonora y Yucatán. Además, este sector es una fuente impulsora para otras actividades económicas, configurando desarrollos regionales, estatales y el nacional. El sector está altamente integrado presentando economías de escala con costos medios de largo plazo descendentes, por lo tanto, las grandes empresas avícolas productoras del satisfactor se encuentran bien posicionadas en el mercado mexicano. El sector impacta positivamente el crecimiento y desarrollo de la agricultura por medio de la oferta de cereales y oleaginosas, pues estos insumos son usados en la fabricación de alimentos balanceados para el sector huevo para plato. Sin embargo, la industria presenta un escenario de alta vulnerabilidad zoonosanitaria por la enorme concentración espacial productiva. Adicionalmente, el costo del maíz amarillo y la pasta de soya, generalmente sujetos a importación, introducen volatilidad en la cadena productiva. El propósito de este trabajo es ofrecer un panorama general del sistema de producción de huevo para plato en México, presentando la oferta y la demanda de la industria, así como los riesgos a los que se enfrenta y algunas estrategias para mitigarlos.

Palabras clave: producción pecuaria, oferta, demanda, producción de huevo, huevo para plato, México

1. Introducción

El subsector pecuario se distingue por aportar proteína animal de alta calidad pues contiene aminoácidos esenciales. Entre los productos aportados por este sector se distingue el huevo. El satisfactor es un producto esencial en la dieta de millones de mexicanos pues es un alimento rico en proteínas, vitaminas y minerales con una gran versatilidad y accesibilidad para el consumidor. En el país la producción de huevo

representa una industria fundamental que desempeña un papel relevante en la seguridad alimentaria, en la economía de la nación y en la nutrición (Meléndez, 2023). En 2022 el aporte proteico de la industria de huevo para plato en el país fue del 16.83 por ciento (UNA, 2023).

En 2021, México aportó alrededor del 4 por ciento de la oferta mundial de huevo para plato (Meléndez, 2023) posicionando al país en el cuarto lugar mundial de producción de huevo; siendo sólo superado por China, India y Estados Unidos (EU) (UNA, 2023). En 2022 la producción de huevo para plato contribuyó con el 28.25 por ciento del 100 por ciento de la producción pecuaria del país (excluyendo a la leche) con una parvada nacional integrada por 169.6 millones de gallinas ponedoras que dio lugar a la producción de aproximadamente 2,964,000 toneladas de huevo (UNA, 2023).

El sector de la avicultura mexicana destinado a la producción de huevo para plato participó en 2022 con el 0.279, el 5.4 y el 13.53 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, agropecuario y pecuario, respectivamente (UNA, 2023), demostrando la importancia del sector.

El PIB es un instrumento económico que mide la riqueza generada por un país, en este caso está midiendo la riqueza aportada por la industria avícola productora de huevo para plato. Además, hay una fuerte interrelación entre el PIB y la generación de empleos, pues a mayor crecimiento del PIB, mayor generación de empleos formales, y a mayor generación de empleos, mayor crecimiento del PIB. Esta interrelación en doble sentido fortalece al mercado interno del país, incrementando el consumo y estimulando la inversión bruta fija, provocando un mayor dinamismo local, regional y nacional.

Por ejemplo, en 2022, la avicultura nacional generó 1.3 millones de empleos, de los cuales 218 mil fueron directos y 1.09 millones indirectos (UNA, 2023). En el periodo 2012-2022, los empleos del sector aumentaron a una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 1.1 por ciento (UNA, 2023). Cada empleo directo, "arrastró" la generación de 5 empleos indirectos. La generación de empleos directos e indirectos se dio a lo largo de la cadena de valor, desde los productores primarios de empresas avícolas hasta los distribuidores y detallistas.

Por otro lado, la producción de huevo para plato también impulsa el crecimiento y desarrollo local al estimular la demanda de insumos agrícolas como el maíz, el sorgo y la soya utilizados como recursos alimenticios de las aves.

La avicultura productora de huevo para plato en México se ha constituido como una de las principales actividades pecuarias transformadora de proteína vegetal a proteína animal. Esta industria no se exime de mantener una dinámica de crecimiento constante, de tal manera que ha reaccionado acorde al incremento de la demanda del consumidor final (Rubio, 2015).

Sin embargo, el sector presenta una alta vulnerabilidad a riesgos zoonosarios debido a la alta concentración productiva regional. Para mitigar estos riesgos, la industria productora de huevo para plato aplica diversos mecanismos de sanidad e inocuidad, así como el reforzamiento de medidas de bioseguridad en las unidades de producción. Además, un continuo y estricto seguimiento a la influenza

aviar con la aplicación de mecanismos de control para frenar y evitar su propagación. Hasta ahora se cuenta con 8 estados de la República mexicana con estatus sanitario libre de influenza y 21 entidades con escasa prevalencia. Asimismo, se aplican Buenas Prácticas de Producción Avícola (Gobierno de México, 2021).

En este trabajo se presenta un resumen del sistema de producción de huevo para plato en México, presentando datos históricos y escenarios de la oferta y la demanda en la industria, así como riesgos del sector y estrategias para mitigarlos.

2. Material y método

Para elaborar el trabajo presentado en este artículo, se procedió a la búsqueda de información en fuentes secundarias las cuales se seleccionaron y analizaron. De esta forma, el trabajo presentado en este artículo está conformado por resúmenes de datos y estadísticas relevantes encontrados en fuentes secundarias y el subsecuente análisis de datos adquiridos. Se obtuvo la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de cantidades relevantes como se puede leer a lo largo del texto.

La TMCA es calculada de la siguiente forma

donde, VF representa el valor final de la cantidad que se mide (por ejemplo, la producción total de huevo para plato) en el último año de medición, VI es el valor inicial de la cantidad que se mide en el primer año del periodo de medición, n es el número de años del periodo de estudio y la multiplicación por 100 da el valor de la *TMCA* en términos de porcentaje.

3. Desarrollo del tema

México se consolida en el mundo como un importante productor y consumidor de huevo para plato. El país oferta a su población proteína de alta calidad, saludable e inocua (González, 2023).

Además, se destaca que la producción de huevo para plato abastece el 99.9 por ciento del mercado interno mexicano. Asimismo, el país se posicionó, en 2021, como el cuarto productor más importante del mundo, ello muestra la relevancia e importancia de la producción productora de huevo para plato en México.

En las secciones subsecuentes se presentan rasgos de la oferta y demanda del sector huevo para plato mexicano.

3.1 Oferta

3.1.1 Producción de huevo para plato en México

La producción de huevo para plato en México aumentó a una Tasa Media de Crecimiento Anual de 2.19 por ciento en el periodo comprendido del 2012 al 2022 con un acumulado de 24.17 por ciento en ese mismo periodo. En 2012 el volumen de producción del satisfactor fue de 2,387,000 toneladas, mientras que para el 2022 la producción preliminar de huevo para plato se ubicó en 2,964,000 toneladas (Tabla 1) (UNA, 2023).

Tabla 1: Producción de huevo para plato en México en el periodo 2012-2022. Fuente: Unión Nacional de Avicultores (UNA). *Valor preliminar.

Año	Producción (toneladas)
2012	2,387,000
2013	2,509,000
2014	2,571,000
2015	2,638,000
2016	2,765,000
2017	2,718,000
2018	2,803,000
2019	2,853,000
2020	2,923,000
2021	3,008,000
2022	2,964,000*

Forbes estimó que, en 2023, el volumen de producción de huevo para plato en México aumentó en un 2.8 por ciento con respecto a 2022 (Forbes, 2023). Al finalizar 2023, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en México (SADER), estimó que el volumen de producción de la mercancía alcanzó las 3,142,000 toneladas ofertadas (Agricultura, 2024). Asimismo, se estima que la producción de huevo para plato en el país alcance las 3,245,000 toneladas en 2024, un 3.20 por ciento más que el volumen obtenido en 2023 (Agricultura, 2024).

Algunos de los factores más importantes que han impactado la oferta de huevo para plato en México, aumentando la producción de este satisfactor son: i) el incremento del inventario avícola en el país (en 2019 México tenía 165 millones de ponedoras, aumentando hasta 169.6

millones de gallinas ponedoras en 2022); ii) el incremento en la innovación tecnológica de punta en el sector; iii) economías de escala con costos medios de largo plazo descendentes; iv) índices de productividad en ascenso (de 2010 a 2022 el índice de productividad en la avicultura creció 7.28 por ciento) (UNA, 2023); v) la aplicación de diversos mecanismos de sanidad e inocuidad y reforzamiento de medidas de bioseguridad en las empresas productoras; vi) la implementación de Buenas Prácticas de Producción Avícola; y vii) la disponibilidad y calidad de insumos alimenticios para elaborar alimentos balanceados.

3.1.2 Principales empresas productoras mexicanas

En 2019, el país con el mayor número de ponedoras en producción y, por ende, el de mayor volumen de huevo para plato en América Latina, fue México. Contó con cinco de las mayores empresas de proteína de origen animal de la región y una población de ponedoras de 165 millones (el 33.33 por ciento del total en Latinoamérica). Detrás de México se ubicaron Brasil, Colombia, Argentina y Perú con 118.5 millones, 47 millones, 44.84 millones y 27.7 millones de ponedoras de huevo para plato, respectivamente (agroempresario.com, 2024).

Las 5 mayores empresas productoras de huevo para plato en México, en 2019 fueron:

a. Proteína Animal (Proan): Se ubicó como la mayor empresa productora de huevo no sólo en México, sino en toda Latinoamérica, con una población de 34 millones de ponedoras Bovans en producción, una cifra similar a la presentada en 2018. De 2015 a 2019, esta empresa incrementó su población de aves ponedoras en producción en al menos 13 por ciento resultando en la posesión del 28.2 por ciento del total de ponedoras en producción de las 10 mayores compañías productoras de huevo para plato en Latinoamérica (agroempresario.com, 2024).

b. Industrias Bachoco: Se colocó en segundo lugar en Latinoamérica y en México. En 2019, contó con 12.2 millones de aves de postura en producción, cifra similar a la de 2018. La empresa manejó ponedoras Bovans, Hisex y Hy-Line. Cabe indicar que Bachoco ha sido la empresa número uno en México como productora de carne de pollo y la tercera en Latinoamérica. Además, se situó en 2019 en el puesto 27 entre las mayores empresas productoras de alimento balanceado en el mundo (agroempresario.com, 2024).

c. Empresas Guadalupe: Ocupó el tercer lugar en México y en Latinoamérica incrementando su población de 10 a 12 millones de aves productoras de huevo para plato (20 por ciento) de 2018 a 2019. La compañía manejó gallinas Hy-Line en producción (agroempresario.com, 2024).

d. El Calvario: Se ubicó en la cuarta posición en México y ocupó el quinto lugar en América Latina, siendo superada por la empresa brasileña Grupo Mantiqueira. En 2019 la empresa tuvo una población de 10 millones de aves ponedoras en producción, cifra que se ha

mantenido constante de 2015 a 2019. La empresa maneja ponedoras Bovans (agroempresario.com, 2024).

e. Gena Agropecuaria: Se colocó en el cuarto peldaño en México junto con El Calvario. En América Latina compartió el quinto lugar con la empresa El Calvario y con la granja brasileña Yabuta. La empresa presentó en 2019 una población de aves ponedoras en producción de 10 millones. En el periodo de 2015 a 2019 esta compañía aumentó su cantidad de gallinas ponedoras en un 150 por ciento y manejó líneas Hy-Line (agroempresario.com, 2024).

Las grandes empresas mexicanas productoras de huevo para plato presentan economías de escala, lo que les permite ser competitivas en el mercado, con amplias posibilidades de obtener ganancias, y así realizar inversiones directas ampliando su presencia y posicionamiento en el mercado nacional.

3.1.3 Costos de producción

Los costos de producción son uno de los factores que influye más significativamente en la oferta de huevo para plato. El cálculo correcto de costos de producción orienta a los productores de huevo, llevando a un uso racional de los recursos escasos productivos. Además, la obtención de curvas de producción de las aves acordes a los parámetros nacionales y porcentajes de morbilidad y mortalidad establecidos como normales, ayuda a reducir costos

El maíz amarillo y la pasta de soya son materias primas alimenticias para las gallinas ponedoras de huevo para plato. México es un importador de estos dos insumos alimenticios. Sin embargo, el incremento del precio del maíz amarillo y la pasta de soya, así como la volatilidad de ambos insumos impactan directamente en el costo de producción pues se cotizan en dólares. Esto dicta que la industria de huevo para plato en México se encuentre altamente dolarizada y a expensas de los vaivenes del dólar (UNA, 2023).

En 2022, y de acuerdo a la Unión Nacional de Avicultores (UNA), el alimento fue el insumo que mostró el mayor costo de producción con un índice de conversión de 2.17. Este costo representó el 66.4 por ciento del costo total del kilogramo de huevo para plato seguido por el agotamiento (depreciación) de la parvada con 10.7 por ciento; el empaque se ubicó en tercer lugar con una participación en el costo de 5.7 por ciento; en cuarto lugar se colocó la mano de obra con una participación porcentual en el costo de producción de 4.4 por ciento; los gastos varios (electricidad, mantenimiento, etc.) ocuparon el quinto peldaño con una participación porcentual del 3.7 por ciento, los gastos de administración se ubicaron en el sexto lugar, su participación porcentual en el costo de producción fue de 3.4 por ciento; le siguieron gastos de ventas (2.8 por ciento); depreciación de instalaciones (1.8 por ciento); vacunas y prevención con una participación porcentual del 1.1 por ciento (UNA, 2023).

El insumo alimento obligadamente debe ser manejado racionalmente en las empresas productoras de huevo para plato, así como el agotamiento de la parvada, el empaque y la mano de obra, estos cuatro insumos representaron en 2022 un porcentaje del 87.2 por

ciento del 100 por ciento del costo.

3.1.4 Principales estados productores

La oferta de huevo para plato en México está concentrada en pocos estados. Por ejemplo, en 2022 Jalisco y Puebla generaron el 66.17 por ciento de la producción nacional. Aún más, la concentración de la producción durante este año se dio en 8 municipios (6 en Jalisco y 2 en Puebla).

En 2022, Jalisco fue el principal productor de huevo para plato con un aporte de 52.92 por ciento de la oferta nacional, le siguió el estado de Puebla con 13.25 por ciento, Sonora participó con 7.99 por ciento, La Laguna (conformada por varios municipios pertenecientes a los estados de Coahuila y Durango) aportó el 5.01 por ciento, y el resto del país ofreció un 20.83 por ciento (UNA, 2023). Es así que, en 2022, el 79.17 por ciento de la oferta nacional de huevo para plato fue producida en estos estados y La Laguna (UNA, 2023).

En 2013 en el estado de Jalisco, los municipios de Tepatlán de Morelos y San Juan de los Lagos concentraron el 50 por ciento de la producción estatal y 26 por ciento de la oferta nacional de huevo para plato. Si se incluye el municipio Jalisciense de Acatic, la aportación a la producción nacional de huevo para plato aumentó hasta alcanzar el 32 por ciento. En el mismo año, Tehuacán, municipio del estado de Puebla, ocupó el tercer lugar a nivel nacional (por encima del municipio de Acatic) aportando el 7 por ciento de la producción de huevo para plato nacional y el 37 por ciento estatal. Es así que, en 2013, tan sólo 5 entidades municipales contribuyeron a la producción del 44 por ciento del huevo para plato en México (Alonso y Rodríguez, 2022).

Estos datos muestran claramente una enorme concentración espacial en la producción del satisfactor, lo que sitúa a la nación en riesgo zoonosológico (Alonso y Rodríguez, 2022). Esto se traduce en un mayor riesgo de brotes de enfermedades como la Influenza Aviar de Alta Patogenicidad (IAAP) en las parvadas. En casos de emergencias zoonosológicas la oferta de huevo para plato se ve altamente afectada pues se traduce en la reducción de la oferta interna, incrementando la probabilidad del incremento de precio. Esto obliga al gobierno mexicano a comprar el producto del exterior con el fin de presionar el precio del satisfactor hacia la baja. A su vez, la importación de huevo para plato implica, entre otras cosas, salidas de divisas (dólares) (Alonso y Rodríguez, 2022).

3.2 Demanda

3.2.1 Consumo de huevo para plato en México

El huevo es uno de los alimentos de origen animal nutricionalmente más completo, accesible y saludable que existe. Incluir huevo para plato en la dieta diaria del demandante es una práctica altamente recomendada, ya que esta proteína de origen animal contiene una gran cantidad de nutrientes tales como proteína de calidad rica en aminoácidos que ayudan a mantener en buen estado los músculos y los huesos del cuerpo humano, es fuente de vitaminas A, E y K, contiene colina que es necesaria para la formación y el correcto funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso, contiene ácido fólico, biotina, riboflavina, ácido pantotéico, fósforo, hierro, zinc, selenio, vitamina B1, B6 y B12 (Fortuna, 2023).

El huevo para plato es un satisfactor protagonista en la gastronomía mexicana, pues es el eje rector de muchas recetas tradicionales y contemporáneas, pues este ingrediente lo encontramos en sopa y entradas, hasta ensaladas y postres, sin mencionar que por sí mismo, es un platillo completo que se puede elaborar estrellado, revuelto, cocido, entre otras presentaciones (Fortuna, 2023).

De 2012 a 2022 el consumo per cápita de huevo para plato en el país, presentó una TMCA de 1.01 por ciento y una acumulada, en el mismo periodo, de 11.28 por ciento (UNA, 2023). En 2012 el consumo por persona de huevo para plato en México fue de 20.73 kilogramos mientras que para el año 2022 el consumo per cápita del satisfactor se ubicó en 23.07 kilogramos traducándose en el consumo de aproximadamente 345 huevos por mexicano (Tabla 2) (UNA, 2023).

Tabla 2: Consumo de huevo para plato per cápita en México en el periodo 2012-2022.

Fuente: Unión Nacional de Avicultores (UNA). *Valor preliminar.

Año	Consumo per cápita (kg)
2012	20.73
2013	22.07
2014	22.18
2015	22.23
2016	23.12
2017	22.44
2018	22.81
2019	23.18
2020	23.73
2021	24.07
2022	23.07*

México ocupa el primer lugar mundial en consumo de huevo para plato por persona, lo que demuestra la eficiencia del sector productivo. Sin embargo, se subraya que el consumo de la mercancía por persona es un promedio que no mide las asimetrías de consumo presentes en los diferentes deciles económicos de la población mexicana demandante. Es de esperar que, en el año 2022, el consumo per cápita haya sido menor a 23.07 kg en los deciles bajos (ingresos bajos), mientras que en los deciles más altos (ingresos elevados) el consumo haya podido ser superior a 23.07 kg (UNA, 2023).

En 2015 el precio real, es decir, el precio nominal del huevo blanco descontando los efectos de la inflación a nivel de mercado público fue de 36 pesos por kilogramo. Mientras tanto, en 2022 el precio real del huevo a nivel de mercado público se ubicó en alrededor de 28 pesos por kilogramo (UNA, 2023). Esto indica que la inflación general fue superior a la del huevo blanco en los mercados públicos.

En 2020, el gasto porcentual en huevo para plato incurrido por los hogares mexicanos en el decil más bajo (decil I) fue de 8.4 por ciento mientras que en el decil más alto (decil X) fue de

10.1 por ciento (UNA, 2023).

Para 2023, se calculó (como proyección) un consumo total de huevo para plato de 2 millones 919 mil toneladas. En 2024, se estima un consumo total de la población mexicana de 3 millones 056 mil toneladas de huevo para plato (Agricultura, 2024).

Un factor que robustece el ingreso de la población mexicana, sobre todo, aquella de menores recursos monetarios, son las remesas. Según el Banco de México (B de M) en los primeros cuatro meses de 2024 entraron al país 19 mil 505 millones de dólares (Carbajal, 2024). Un porcentaje significativo de las remesas gastadas por los consumidores mexicanos, se usan en la compra de bienes de primera necesidad, incluyendo el huevo para plato.

4. Conclusiones

- i) La avicultura productora de huevo para plato es un sector de gran importancia para México no sólo porque ofrece nutrientes de alta calidad para sus habitantes a relativamente bajos precios, sino porque es una industria económicamente importante, contribuyendo en 2022 con el 0.279, el 5.4 y el 13.53 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, agropecuario y pecuario, respectivamente.
- ii) En 2022, el sector productivo de huevo para plato en México participó con el 28.25 por ciento de la producción pecuaria en el país, mediante un inventario de 169.6 millones de gallinas ponedoras caracterizadas por una genética ultra especializada. Estos números reflejan la importancia global de esta industria mexicana, posicionando al país como el cuarto productor mundial de huevo.
- iii) La avicultura nacional también generó 1.3 millones de empleos, 218 mil directos y 1.09 millones indirectos. Adicionalmente, las cadenas de valor del sector huevo para plato generan: a) empleos directos e indirectos; b) mayor valor agregado; c) efectos multiplicadores; d) desarrollos regionales, locales y el nacional; y e) captación de impuestos por los gobiernos municipales, estatales y el nacional.
- iv) Los estados que se han destacado como mayores productores de huevo para plato son: Jalisco, Puebla, Sonora y Yucatán presentando una muy alta concentración productiva.
- v) México ocupa el primer lugar mundial en consumo por persona de huevo para plato, esta cifra correspondió a 345 huevos consumidos por año. En 2020 el gasto en huevo para plato en los hogares mexicanos, en el decil más bajo, fue de 8.4 por ciento, en ese mismo año, en el decil más alto, el gasto fue 10.1 por ciento. Se estimó en 2023 un consumo total de huevo para plato en el país de 3 millones 056 mil toneladas.
- vi) Algunos de los riesgos más importantes del sector huevo para plato son la volatilidad de los precios del maíz amarillo y la pasta de la soya, así como la alta concentración espacial de las empresas productoras de huevo para plato.

Para mitigar esos riesgos se sugiere el manejo racional del insumo alimento, así como la aplicación de mecanismos de sanidad e inocuidad y el reforzamiento de medidas de bioseguridad en las unidades de producción

5.-Bibliografía

Meléndez Aldama, M.A. (2023). Jalisco, productor estratégico de huevo. Universidad Autónoma de Guadalajara. Noticias y eventos. MEDIA HUB. Disponible en: <https://www.uag.mx>.

UNA. (2023). Compendio 2023 de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2023. Dirección de Estudios Económicos. Unión Nacional de Avicultores. Disponible en: www.una.org.mx

Gobierno de México. (2021). Sector Avícola, estratégico en las metas de autosuficiencia alimentaria en el país: Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: <https://gob.mx>.

Rubio Bezie, C. (2015). Huevo, sustento alimentario nacional (I). El Economista. Disponible en: <https://www.economista.com.mx>.

González Silva, E. (2023). México primer productor y consumidor de huevo en Latinoamérica. Mexicampo. Disponible en: <https://www.mexicampo.com.mx>.

Forbes. (2023). Producción de huevo de México crecerá 2.8% en 2023, la de ave 2.1%. Forbes, México. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx>.

Agricultura. (2024). Escenario mensual de productos agroalimentarios. SIAP. Dirección de Análisis Estratégico. Disponible en: <https://www.gob.mx>.

Agroempresario.com. (2024). Estas son las 10 mayores empresas de huevo en Latinoamérica. Bioeconomía & Desarrollo Federal. Disponible en: <https://agroempresario.com>.

Alonso, P. y Rodríguez, de J. (2022). Descripción de algunos factores de la oferta de huevo en México. BMeditores. Disponible en: <https://bmediores.mx>.

Fortuna. (2023). México domina la producción y el consumo de huevo a nivel Latinoamérica. Revista Fortuna. Disponible en: <https://revistafortuna.com.mx>.

UNA(2024) México, promedio de consumo anual: 345 huevos por habitante. Unión Nacional de Avicultores. Una Org. El Sitio Avícola. Disponible en: <https://una.org.mx>.

Carbajal, B. Desplazó IED a remesas como mayor fuente de divisas. La Jornada. Año 40. (14339). 22. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx>. comentarios@jornada.com.mx.

Presencia de Nematodos en aves productoras de huevo en sistemas de traspatio en municipios del estado de México

RESUMEN

La avicultura de traspatio se usa para describir la variedad de sistemas de producción avícolas a pequeña escala, presentes en áreas urbanas, pero principalmente en zonas rurales, siendo las producciones de traspatio la más difundida en el mundo. La base de este sistema es el aprovechamiento a pequeñas escalas de gallinas de diferente edad, en el patio de la casa o en sus alrededores. La finalidad es abastecer a la familia de productos como carne, huevo, pluma o abono. Se tomaron 230 muestras en diversas producciones de traspatio en el oriente del Estado de México, se sometieron a la técnica de flotación, identificando principalmente a *Ascaridia galli* (52.6%) y *Heterakis sp* (33.4%) y negativas a ambos parásitos (13.9%). Del total de las muestras 212 fueron hembras (92.17%) y 18 machos (7.82%). De los resultados obtenidos podemos concluir que el parásito de mayor prevalencia en sistemas de traspatio es *Ascaridia galli* y con una mayor prevalencia en hembras.

Palabras clave: Traspatio, nematodos, prevalencia.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y en el mundo, el campesino se caracteriza por su notoria habilidad para afrontar condiciones económicas, sociales, ambientales y culturales adversas. La realidad muestra que lejos de ser una población anclada en el pasado, los campesinos han desarrollado nuevas estrategias de vida para dar respuesta a múltiples situaciones adversas a que se enfrentan en forma cotidiana, implementan actividades basadas en la mano de obra familiar y en el trabajo equilibrado de sus miembros, que les permiten un acceso continuo a los alimentos. (Hortua L, 2021).

Una de las múltiples manifestaciones de la agricultura familiar es la avicultura de traspatio. Esta se ocupa de la cría, manejo y producción de aves nativas, criollas o mejoradas, en espacios conocidos como solares o huertos familiares. Los traspatios son lugares aledaños a las viviendas donde se desarrollan actividades de cultivo, recreación, educación y experimentación. (Hortua L, 2021).

Otra definición del término traspatio es aquel espacio productivo y diverso con que cuentan algunas

familias de zonas rurales, el cual, es de gran importancia para la seguridad alimentaria, la organización y economía familiar de quienes trabajan en él. (Cuca G. 2018).

En México se conoce muy poco de la avicultura de traspatio, porque su importancia relativa en los indicadores productivos es difícil de cuantificar y solamente está caracterizada como una actividad de apoyo en la economía familiar, que ocupa la fuerza de trabajo de las amas de casa y los niños (Hernández-Pérez y Jaimes-Piñón, 2003). Sin embargo, de acuerdo con Lastra et al. (1998) este sistema de producción llega a representar hasta el 10% de la producción avícola nacional. Entre los factores que han limitado a la ganadería de traspatio están los modernos sistemas de producción, la introducción de material genético exótico (Medrano, 2000), la demanda cambiante de los mercados (Anónimo, 1998), la poca o nula aplicación de la tecnología y control sanitario (Las-tra et al., 1998) y la falta de vinculación de las universidades hacia los productores (López, 2013).

Las enfermedades parasitarias en la avicultura de traspatio suelen representar baja productividad en la postura y en consecuencia, una pérdida a nivel económico, la cual suele representar pérdidas en la economía familiar, es por ello, que el objetivo del trabajo, es identificar la presencia de nematodos en unidades de traspatio en la zona oriente del Estado de México, para saber su prevalencia y darle al productor una solución al problema.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las unidades de traspatio se encontraban en la zona oriente del Estado de México, entre ellos Chalco, Texcoco, Amecameca e Ixtapaluca.

En total se tomaron 230 muestras de heces de aves, en su mayoría criollas, ignorando sus parámetros productivos, reproductivos y económicos. Algunas familias proporcionaban alimento fue tipo comercial con 16% de proteína cruda, proporcionando 110 gramos ave/día y desperdicios de mercado (elote, lechuga, cebollin, jitomate y tomate). El agua se proporcionaba a libertad proveniente del sistema público. No contaban con bebederos o comederos, tomando el alimento directamente del suelo. No existían condiciones de bioseguridad pertinente y algunas producciones estaban a menos de 100 metros de distancia. Las aves se encontraban en libertad, con espacio para expresar su comportamiento natural. No existía iluminación artificial ni manejos como el despique.

La recolección de las heces se realizó a través de nylon debajo de las perchas durante toda la noche para obtener las heces frescas de la mañana, estas muestras se almacenaron en vasos estériles y en hieleras a temperatura entre 2-4°C. Cabe recalcar que los animales muestreados no contaban con características específicas para el muestreo.

Se realizaron análisis de las heces, a través del método de flotación a 230 aves, de las cuales 62.1% fueron positivas a *Ascaridia galli* y 37.8% positivas a *Heterakis sp.* De las 230 aves 212 fueron hembras (92.17%) y 18 machos (7.82%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 230 muestras sometidas a análisis de flotación 198 muestras (82.08%) resultaron positivas a nematodos entéricos, siendo *Ascaridia galli* la de mayor frecuencia (52.6%), seguido de *Heterakis sp.* (33.4%) y 32 muestras (13.9%) fueron negativas a ambos parásitos.

Cuadro 1. Muestras positivas y negativas de 11 unidades de traspatio analizadas para diagnóstico de nematodos en diferentes municipios del Estado de México.

	Número de aves	Positivas a <i>A. galli</i>	Positivas a <i>Heterakis sp.</i>	Negativas
Traspatio 1	24	13	7	4
Traspatio 2	17	5	7	5
Traspatio 3	21	9	8	4
Traspatio 4	13	8	2	3
Traspatio 5	10	6	4	0
Traspatio 6	21	10	8	3
Traspatio 7	17	9	6	2
Traspatio 8	33	19	11	3
Traspatio 9	29	15	8	6
Traspatio 10	25	17	6	2
Traspatio 11	20	10	10	0
Total	230	121 (52.6%)	77 (33.4%)	32 (13.9%)

CONCLUSIONES

Al concluir el estudio se puede determinar que se encontró una frecuencia positiva parasitaria de 86% en las unidades de traspatio al oriente del Estado de México. Se encontraron 2 tipos de parásitos: *Ascaridia galli* (52.6%) y *Heterakis sp.* (33.4%) siendo una parasitosis mixta en la mayoría de las muestras. Las hembras tienen el mayor porcentaje de infestación (92.17%) que los machos (7.82%).

BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida-Roberto (2014). Determinación de los principales parásitos gastrointestinales que afectan a las

aves de traspatio (*Gallus gallus domesticus*), en la comunidad el descanso, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/7685>.

2. Cuca Garcia J.M. (2018). LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN MÉXICO: Historia y caracterización. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/669/537>

3. Horta-Lopez, L. C. (2021). Avicultura de traspatio: aportes y oportunidades para la familia campesina1. <https://www.redalyc.org/journal/437/43768194022/html/#:~:text=La%20avicultura%20de%20traspatio%20aporta,a%20centros%20urbanos%20y%20mercados>

4. López P. E., Pro M. A., Cuca G. J.M. y Pérez H. P. (2012). Ganadería de Traspatio en México y Seguridad Alimentaria Situación Actual y Perspectivas. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_10-7-2017.pdf.

5. Menéndez, T. L. 2007. Prevalencia de nematodos y cestodos en aves de corral (traspatio) en la ciudad de Acayucan, Ver. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver., México. 43 p.

6. Selecciones avícolas - problemas sanitarios en gallinas libres de jaulas o ecológicas.(s. f.). <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2018/09/problemassanitariogallinas-libres-de-jaula-ecologicas/>

Efecto de la condición corporal, época del año, hato y tratamiento con GnRH sobre el porcentaje de gestación con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas en sistema doble propósito en la costa central de Veracruz

Gudiño Escandón Raymundo S.^{1,2}; Retureta González Cynthia O.², Palacios Molina Jorge ²; Vega Murillo Vicente E.^{2*}

¹Unión Ganadera Regional de la Zona Central de Veracruz, Urano s/n esquina Acapulco, Jardines de Mocambo, Boca del Río, Veracruz, México, C.P. 94299.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Veracruzana. Circunvalación esquina Yañez s/n, Veracruz, Veracruz, México. C. P. 91710.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva en los sistemas de producción de la ganadería bovina representa uno de los aspectos económicos más importantes a considerar para mejorar la producción de carne y leche por vaca/ha/año (Fernández et al, 2020). En el trópico de México el sistema doble propósito (SDP), utiliza cruzamientos de *Bos Indicus* por *Bos taurus* con baja eficiencia reproductiva (Gudiño, 2019). Una vaca eficiente desde el punto de vista reproductivo es aquellas que presenta su primer parto a una edad temprana y continúa produciendo un becerro cada año (Medina, 2022). Galina y Geffroy, (2023), mencionan que en los trópicos se dificulta la detección de signos de estro, por las condiciones climáticas y el comportamiento animal durante el mismo. Al respecto, Patterson et al, (2016) señalan que el control farmacológico del estro es una alternativa de solución a esta situación. La sincronización de la ovulación es una técnica efectiva para mejorar el rendimiento reproductivo de los bovinos, que junto con la aplicación de protocolos hormonales permiten realizar la inseminación sin la necesidad de la detección de celo, conocida como inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Al respecto Vasconcelos et al, (2018), mencionan que los tratamientos hormonales tienen como objetivo lograr cuatro resultados fisiológicos: 1) sincronizar una onda folicular ovárica, 2) optimizar las condiciones para el desarrollo del folículo ovulatorio, 3) sincronizar la regresión del cuerpo lúteo (CL), y 4) sincronizar la ovulación. Los tratamientos de sincronización de estros se basan principalmente en el uso de dos tipos de hormonas progestágenos

(principalmente progesterona, (P4) con dispositivos intravaginales (DIV) y análogos de prostaglandina F2 α (PGF2 α) (Pérez et al, 2022) y en los protocolos de sincronización de la ovulación, adicionalmente se utilizan análogos de estradiol (E2) y gonadotropina coriónica equina (eCG) al retiro del dispositivo, así como GnRH, 48 a 52 h al momento de realizar la IATF (Bó y Baruselli, 2014). Los resultados de la sincronización de celo y ovulación para IATF, a su vez dependen de factores como la nutrición, condición corporal de los animales, época del año, manejo del hato e inseminador (Diaz et al, 2018). Existen pocos trabajos con ganado en SDP en los cuales se presente la información del desempeño reproductivo en respuesta a los resultados obtenidos con la manipulación del ciclo estral y la inducción de la ovulación mediante protocolos de sincronización en conjunto con la inseminación artificial. La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la condición corporal, época del año, hato y aplicación de GnRH, al momento de la inseminación artificial (IA) (48 hrs de retirado DIV), sobre la tasa de concepción a primer servicio y total en vacas en SDP en la zona costera de Veracruz México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del estudio

La investigación se desarrolló en 5 Unidades de Producción Pecuaria (UPP) de la zona costera del centro de Veracruz de Ignacio de la Llave México, en los municipios de Paso de Ovejas 1, Jamapa 2, Alvarado 3, Medellín de Bravo 4, Ángel R. Cabada 5. Las coordenadas geográficas entre las que está situado son: 17° 03'56" y 22° 27'28" de Latitud Norte y 93° 36'13" y 98° 36'00" de Longitud Oeste. A una altitud del nivel del mar hasta 50 msnm (INEGI, 2018). En la zona, la duración de período lluvioso es de 6 meses (INAFED, 2018).

Manejo de animales en las unidades de producción.

Alimentación: Todas las UPP, desarrollaron pastoreo rotacional en zacate Pará (*Brachiaria mutica*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pangola (*Digitaria eriantha*), Grama común (*Cynodon dactylon*), y suplementación con alimento concentrado comercial al 18%, el cual fue suministrado al momento de la ordeña con una cantidad de 2 kg por vaca, además de sales minerales y agua a libre acceso.

Sanidad: se realizó un control sanitario con vacuna para las enfermedades que afectan en la zona (derriengue y clostridiales), aunado a esto se realiza desparasitación interna (gastrointestinales y pulmonares) externa (Garrapata).

Genética: desarrollan cruzamientos genéticos definidos, los genotipos de los animales en estudio fueron (cebú, europeo x cebú, y europeo x europeo x cebú). Utilizan sementales (Brahman, Guzerat, Montbeliarde/Cebú).

Reproducción: con inseminación artificial (IA) inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), o monta controlada (MC).

Manejo del ordeño: se realizó con amamantamiento restringido de la cría. Los primeros 60 días de edad, a

los terneros se les dejó un cuarto de ubre más leche residual y luego sólo leche residual hasta el destete.

Materiales diversos

Aplicadores de dispositivos intravaginales, guantes de exploración rectal, equipo de inseminación, termos de conservación de semen, desinfectantes, guantes de látex, jeringas y agujas.

Material biológico y hormonas

Vientres en SDP tradicional, producción ganado bovino cruzado de diferentes genotipos (cebú x europeo/cebú/europeo x europeo x cebú), dispositivo intravaginal (DIV), de silicona inerte impregnada con un 1.9 g de progesterona natural de liberación controlada, benzoato de estradiol, prostaglandina f2 ð dinoprost trometamina, cipionato de estradiol, gonadotropina coriónica equina, acetato de buserelina (GnRH), semen congelado (elección del propietario de la UPP), con revisión del semen al momento de la IATF.

Diseño experimental

En las unidades de producción la selección de los vientres se realizó al inicio del estudio con base a estado reproductivo, condición corporal y época del año (**cuadro 1**); y el diagnóstico de gestación a primer servicio por palpación transrectal a los 40 a 50 días después de haber sido inseminadas, considerando los hallazgos más confiables (Asimetría uterina, membranas fetales deslizables, vesícula amniótica y tamaño del CL) y gestación total a los tres-cuatro meses de la inseminación por un médico veterinario especialista en reproducción.

CUADRO 1

Unidades productivas participantes en la investigación.

Unidad	No. de animales
1	189
2	70
3	42
4	55
5	77
Total	433

Fuente. Elaboración propia.

El protocolo utilizado para la sincronización del celo e IATF (**figura 6**), consistió en la inserción del DIV (dispositivo de liberación de progesterona) y en la administración de 2mg de benzoato de estradiol el Día 0 (para sincronizar la emergencia de la onda folicular y evitar el desarrollo de folículos persistentes) (Barreiros et al 2014). Prostaglandina f2 α (Dinoprost trometamina 25mg, equivalente a 5ml), al momento de la remoción del DIV el día 8 (para asegurar la luteólisis). (Bó, et al., 2009). Al retiro del progestágeno, se aplicó 1mg de cipionato de estradiol que induce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo a su vez la liberación de GnRH, la cual es capaz de aumentar los pulsos y la frecuencia de la hormona Luteinizante (LH), logrando con ello que se unifique y se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación (Santos et al, 2014). Además, se administró eCG (Gonadotropina coriónica equina, 400 UI equivalente a 2ml), al momento de retirar el DIV para mejorar el crecimiento de los folículos en vacas en posparto (Baruselli et al., 2004), y al realizar la inseminación artificial se utilizó GnRH (acetato buserelina 0.0008g, equivalente 2ml), con lo cual se buscó inducir la ovulación del nuevo folículo dominante, en caso de que no ocurra la ovulación en forma espontánea y si existe un folículo preovulatorio la GnRH inmediatamente induce la descarga de FSH y LH muy similar a la descarga efectuada antes de la ovulación, con la finalidad de incrementar el porcentaje de gestación (Lamb et al 2009).

FIGURA 6

Tratamiento y hormonas utilizadas en el protocolo.



Fuente. Elaboración propia.

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizó un diseño completamente al azar. Debido a la naturaleza dicotómica de las variables de respuesta se utilizó un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución binomial de las variables tasa de concepción a primer servicio y total. El modelo incluyó los efectos fijos de hato (5 hatos), tratamiento con o sin GnRH, época de la medición (lluvias y secas) y condición corporal de la hembra con 4 niveles (2.5, 3, 3.5 y 4) de acuerdo con lo mencionado por Lowman et al (1976). Las comparaciones entre medias de los efectos fijos considerados en el modelo se realizaron con base en la diferencia mínima significativa protegida de Fisher.

RESULTADOS

En el **Cuadro 2** se presentan los niveles de significancia para los efectos incluidos en los modelos de análisis de gestación a primer servicio y gestación total en hembras bovinas en sistema de doble propósito.

CUADRO 2

Niveles de significancia para los efectos incluidos en los modelos de análisis de concepción a primer servicio y concepción total en hembras bovinas en sistemas de doble propósito.

Fuente de Variación	Pr > F	
	Gestación a Primer Servicio	Gestación Total
Hato	<.0001	<.0001
Utilización de GnRH	0.511	0.014
Época	0.015	0.004
Condición Corporal	<.0001	0.000

Fuente. Elaboración propia.

Gestación a Primer Servicio.

Los efectos de hato, época y condición corporal fueron significativos ($p < .01$). En el **cuadro 3** se presentan las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los efectos considerados en los modelos de análisis de gestación a primer servicio y gestación total en hembras bovinas en sistema de doble propósito. La menor gestación a primer servicio se tuvo en los hatos 4 y 5 en los cuales se presentó condición corporal de 2.5 a 3.0 con porcentaje de gestación de 0.57 ± 0.07 y 0.61 ± 0.09 respectivamente, seguidas del hato 2 con condición corporal de 3 y gestación de 0.65 ± 0.05 ; y la mayor gestación se tuvo en los hatos 1 y 3 con condición corporal de 3. 3.5 y 4 con gestación de 0.69 ± 0.07 y 0.72 ± 0.09 respectivamente. Por otra parte, la utilización o no de GnRH afectó el porcentaje de gestación a primer servicio 0.70 ± 0.07 y 0.58 ± 0.09 respectivamente. Se encontró mayor porcentaje de gestación a primer servicio en la época de secas que en la de lluvias 0.69 ± 0.08 y 0.58 ± 0.06 respectivamente. En la condición corporal, los animales con condición corporal 4, 3.5 y 3 tuvieron mayor gestación a primer servicio 0.68 ± 0.00 , 0.69 ± 0.07 y 0.67 ± 0.08 respectivamente, que el resto de los animales; la condición corporal 2.5 fue la más baja, con 0.57 ± 0.07 de gestación a primer servicio, sin embargo, este resultado nos indica el efecto positivo del uso del GnRH en animales comprometidos en su condición corporal.

CUADRO 3

Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los efectos considerados en los modelos de análisis de gestación a primer servicio y gestación total en hembras bovinas en sistema de doble propósito.

Efecto	n	Gestación a Primer Servicio %	Gestación Total %
Hato	4 55	0.57 ± 0.07 ^a	0.71 ± 0.04 ^c
	5 77	0.61 ± 0.09 ^{ab}	0.76 ± 0.04 ^b
	2 70	0.65 ± 0.05 ^b	0.79 ± 0.09 ^c
	1 189	0.69 ± 0.07 ^b	0.86 ± 0.06 ^c
	3 42	0.72 ± 0.09 ^c	0.88 ± 0.04 ^c
Utilización de GnRH	Con GnRH	0.70 ± 0.07 ^a	0.87 ± 0.07 ^a
	Sin GnRH	0.58 ± 0.09 ^b	0.68 ± 0.06 ^b
Época	Lluvias	0.58 ± 0.06 ^a	0.64 ± 0.06 ^a
	Secas	0.69 ± 0.08 ^b	0.77 ± 0.06 ^b
Condición Corporal	4	0.68 ± 0.00 ^a	0.87 ± 0.08 ^a
	3.5	0.69 ± 0.07 ^a	0.88 ± 0.07 ^a
	3	0.67 ± 0.08 ^a	0.80 ± 0.09 ^a
	2.5	0.57 ± 0.08 ^b	0.65 ± 0.09 ^b

a, b, c, d Literales diferentes dentro de columna son estadísticamente diferentes ($p < .05$).

Fuente. Elaboración propia.

Gestación Total.

La menor gestación total fue para el hato 4, con 0.71 ± 0.04 , el cual tuvo animales con condición corporal de 2.5 a 3 y la mayor gestación para el hato 3, con gestación de 0.88 ± 0.04 y condición corporal de 3. 3.5 y 4. (**Cuadro 3**). El porcentaje de gestación total para las hembras a las que se les aplicó GnRH fue mayor que a las que no se les aplicó (0.82 vs 0.68 ; $p < .05$). Las hembras en época de secas tuvieron mayor porcentaje de gestación total que en época de lluvias ($p < .05$). De manera similar al porcentaje de gestación a primer servicio, el porcentaje de gestación total fue mayor para las hembras con condición corporal 3,

3.5 y 4, y la más baja para los de la condición corporal 2.5 Sin embargo están por arriba del promedio de lo obtenido con IATF sin el uso de GnRH en esta condición corporal.

DISCUSIÓN

Morgan y Lean (1993), basándose en un estudio meta analítico con el uso de GnRH concluyeron que el tipo de GnRH (análogo nativo o agonístico) utilizado en el momento de la IA no influía grandemente en el riesgo del porcentaje de gestación de las vacas en el primer servicio. El grado de efectividad de los dispositivos intravaginales con IATF depende del protocolo de sincronización, las condiciones del manejo del hato, condición corporal y factores edafoclimáticos (Bó y Baruselli, 2014). En este estudio, se obtuvo un porcentaje de gestación a primer servicio de 0.70 ± 0.07 en las vacas con aplicación de GnRH vs 0.58 ± 0.09 en las que no se aplicó. Al respecto, Montero (2016) menciona que, en un estudio en el que midió la eficiencia de dos dispositivos intravaginales para IATF en bovinos de doble propósito sin el uso de GnRH en el momento de inseminar, la tasa de gestación a primer servicio promedio de ambos dispositivos fue de 0.58 %. En el mismo sentido Hassanein et al. (2024), refieren que, otros estudios han administrado GnRH en el momento de la inseminación artificial y han demostrado buenos resultados en el rendimiento reproductivo. A su vez en congruencia con esto Ahasanul y Kamruzzaman, (2017), señalan que la utilización de varias dosis de GnRH en la inseminación artificial ha mejorado las tasas de concepción en vacas lecheras mestizas, sin que se observen diferencias significativas entre las diferentes dosis de GnRH. El porcentaje de gestación al primer servicio es un factor importante que determina la fertilidad del hato, en donde un porcentaje óptimo es de 60 a 65% siendo un problema cuando es menor a 45% (Hincapié y Campo 2002). Estos resultados son similares a los obtenidos por Martínez et al. (2007), quienes obtuvieron 65.7% de porcentaje de gestación en ganado de carne sincronizado con DIV y $100\mu\text{g}$ de GnRH al momento de la inseminación artificial. De igual manera se asemejan a los obtenidos por Guevara (2008), de 62.50% utilizando un protocolo de resincronización y aplicando $150\mu\text{g}$ de GnRH al momento del servicio en ganado lechero. Por otra parte, en este estudio se obtuvo un porcentaje de gestación total de 0.87 ± 0.07 VS 0.68 ± 0.06 con aplicación de GnRH al momento de inseminar y sin GnRH respectivamente. En concordancia con esto Baldemar (2017), en un estudio realizado con vacas Holstein utilizó GnRH al momento de inseminar y obtuvo porcentaje de gestación total de 79 % contra 75 % en el grupo control. En otro estudio realizado en la zona centro de Veracruz con 1220 hembras en SDP, sometidas a protocolo de IATF sin el uso de GnRH, se obtuvo tasa de gestación total de 0.63 ± 10 (Muñiz, 2018). A su vez también, en un estudio realizado por Nava (2015), con ganado de cría en Uruguay, evaluó la IATF en sincronización con dispositivo intravaginal, y obtuvo porcentaje de gestación a primer servicio de 61.07% en vacas con cría y 63.07% en novillonas. Lo que hace reflexionar en que al utilizar IATF se logra elevar el porcentaje de gestación en las UPP. En lo que respecta a la época del año, en este estudio se obtuvo mayor porcentaje de gestación durante la época de seca en comparación con la de lluvias. Esto pudo estar influido por el manejo de los pastos que tienen en las UPP, toda vez que en la época de seca mueven el ganado a terrenos bajos (con mayor humedad y calidad del pasto). En concordancia con esto, Salgado et al, (2002) mencionan que, en ranchos con óptimo manejo de praderas, no se hacen tan marcadas las diferencias entre épocas del año. A su vez también García-Ispierto et al. (2019), señalan que se ha observado que la administración de GnRH en el momento de la IA mitiga el efecto de variación estacional y mejora las tasas de concepción (López-Gatius et al., 2006) y reducir el riesgo de fallo de ovulación, aumentando así las tasas de gestación y la supervivencia embrionaria en las vacas lecheras (Satheshkumar et al, 2023). Así también Madureira et al (2020) hacen mención de que la administración de GnRH en protocolos de IATF basados en P 4 de 7 días aumentó la fertilidad en vacas de carne *Bos indicus*. Por otra parte, Bo et al, (2014), señalan

que en el manejo reproductivo de los hatos es importante valorar la CC de los animales para obtener buenos porcentaje de gestación. Al respecto, Hincapié et al. (2005) en un estudio que realizaron en Honduras sobre la eficiencia de la evaluación de la condición corporal para pronosticar el anestro posparto en la vaca Siboney (5/8 Holstein x 3/8 Cebú) encontraron que en 48 hembras calificadas con CC 2 a 2.5 de condición corporal ninguna mostró actividad ovárica, mientras que las de condición de 3 y 3.5 presentaban dinámica ovárica en el 33.3% y 66.6% de los casos respectivamente. En este estudio al evaluar el efecto de la condición corporal, y tratamiento con GnRH al momento de inseminar, se obtuvieron resultados positivos en vacas con condición corporal 2.5 con un porcentaje de gestación a primer servicio y total de 0.57 ± 0.08 vs 0.65 ± 0.09 respectivamente. En referencia a esto, Montero (2016) menciona que la condición corporal es particularmente importante en el proceso reproductivo, y refiere que, en un estudio realizado al final de la época de seca (mayo-junio) con ganado doble propósito con protocolo para IATF sin el uso de GnRH en vacas lactantes con CC 2.5, 3 y 4 los animales con CC 3 y 4 obtuvieron un porcentaje de gestación a primer servicio de 58.0 sin respuesta satisfactoria en los de 2.5 de CC. La aplicación de DIV con IATF es una poderosa herramienta para implementar un programa de mejoramiento genético que permita la introducción de germoplasma deseable a la población, tomando en cuenta los caracteres de mayor importancia económica para el sistema de producción.

CONCLUSIÓN

La aplicación de GnRH en hembras bovinas en sistema doble propósito en protocolo de sincronización con aplicación de GnRH en el momento de la IATF en unidades productivas de zona centro de Veracruz, mejoró positivamente el porcentaje de gestación a primer servicio y total en los hatos con hembras en condición corporal 2.5 a 4; obteniendo mayor porcentaje de gestación a primer servicio y total en época de seca que en época de lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

Ahasanul-Hamid, S., y Kamruzzaman, S.M. (2017). Efectos de la GnRH sobre la tasa de concepción en el momento de la inseminación artificial en vacas lecheras mestizas. En t. J.Anim. Ciencia. Tecnología, 1, 19-34.

Barreiros, T.R., Blaschi, W., Santos, G.M., Morotti, F., Andrade, E.R., Baruselli P.S., y Seneda M.M. (2014). Dynamics of follicular growth and progesterone concentrations in cyclic and anestrous suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with progesterone, equine chorionic gonadotropin, or temporary calf removal. *Theriogenology* 81, 651- 6

Baruselli, P.S., Ferreira, R.M., Colli, M.H.A., y Elliff, F.M. (2017). Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. *Animal Reproduction*, 14, 558-571.

Baldemar, G. G. (2017). Efecto de la GnRH al momento de la inseminación artificial sobre la fertilidad de vacas Holstein Friesian al primer servicio. Tesis de maestría. BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Bó, G.A., y Baruselli, P.S. (2014). Sincronización de la ovulación y la inseminación artificial a tiempo fijo en ganado vacuno. Animación. En t. J.Anim. Biosci. 8, 144-150.

Bó, G., Cutaia, L., Chesta, P., Balla, E., Pincinato, E., Peres, L., Maraña, D., Aviles, M., Menchaca, A., Venerada, G., y Baruselli, P. (2014). Implementación de Programas de Inseminación Artificial en Rodeos de Cría de Argentina. Resúmenes VI Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina. Tomo I, pp. 97-128.

Bó, G.A., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R.J., y Tríbulo, H.E. (2009). Transferencia de embriones a tiempo fijo; tratamientos y factores que afectan los índices de preñez. Taurus, 21, pp. 25-40.

Díaz, R.F., Galina, C.S., Estrada, S., Montiel, F., Castillo, G., y Romero-Zúñiga, J.J. (2018). Las variaciones en el índice temperatura-humedad y el espesor de la grasa dorsal durante el último trimestre de gestación y el posparto temprano afectan la fertilidad de vacas Bos indicus en el trópico. Veterinario. Medicina. Ent 2018, 2360430.

Fernández, R., Biga, P., Di Masso, R.J., & Marini, P. (2020). Economic evaluation of productive and reproductive indicators in dairy cows with different ages at first calving, in grazing systems. Cuban Journal of Agricultural Science, 54(4), 493–501.

Galina, C.S., y Geffroy, M. (2023). Ganado de doble propósito criado en condiciones tropicales: ¿Cuáles son sus deficiencias en una buena función productiva y reproductiva? Animales. 2023; 13(13):2224.,

García-Ispuerto, I., De Rensis, F., Pérez-Salas, J.A., Nunes, J.M., Pradés, B., Serrano-Pérez, B., y López-Gatius, F. (2019). El análogo de GnRH deferelina administrado en un protocolo de IA de tiempo fijo mejora la ovulación y la supervivencia embrionaria en vacas lecheras. Res. Veterinario. Ciencia, 122, 170–174.

Guevara, O. (2008). Evaluación de un programa de sincronización y resincronización de celos en vacas lecheras con anestro post parto. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 12 p.

Gudiño, E.R.S. (2019). Potencial del extensionismo pecuario, con la aplicación del MIRB (Manejo integral de la reproducción bovina) en el ganado Veracruzano. Memorias del XLIII Congreso Nacional de Buiatría, Boca del Río Veracruz. 44-69.

Hassanein, E.M., Szelényi, Z., y Szenci, O. (2024). Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y sus agonistas en la reproducción bovina II: diversas aplicaciones durante los períodos de inseminación, posinseminación, embarazo y posparto. Animales; 14(11):1575.

Hincapié, J.J., y Campo, E.C. (2002). Técnicas para mejorar la eficiencia reproductiva en animales de granja.

Ed. Prografic. Tegucigalpa, Honduras. 445 p.

Hincapié, J.J., Brito, R., y Campo, E. (2005). Reproducción animal aplicada: Fundamentos de fisiología y biotecnología. 2TM ed. Tegucigalpa, Honduras. Ed. Litocom. 195 p.

INAFED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2018. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Veracruz-Llave. Veracruz. Ver. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/index.html> Consultado: [15 de noviembre 2021].

INEGI. Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática. (2015). Marco Geoestadístico. Panorama sociodemográfico de México. México. INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825078065>

Lamb, G.C., Dahlen, C.R., Larson, J.E., Marquezini, G., y Stevenson, J.S. (2009). Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *J Anim Sci* ;(18):181–92.

Lamb, G.C., Stevenson, J.S., Kesler, D.J., Garverick, H.A., Brown, D.R., y Salfen, B.E. (2001). Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2 α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J Anim Sci*;79(9):2253–2259.

López-Gatius, F., Santolaria, P., Martín, A., Delétang, F., y De Rensis, F. (2006). Los efectos del tratamiento con GnRH en el momento de la IA y 12 días después sobre el rendimiento reproductivo de vacas lecheras de alta producción durante la estación cálida en el noreste de España. *Teriogenología* 65, 820–830

Lowman, B.G., N.A. Scott y S.M. Somerville. 1976. Condition Scoring beef cattle. The east of Scotland College of Agriculture. Bulletin N° 6.

Madureira, G., Consentini, C.C.A., Motta, J.C.L., Tambor, J.N., Prata, A.B., Monteiro, P.L.J., Melo, L.F., Gonçalves, J.R.S., Wiltbank, M.C., y Sartori, R. (2020). Protocolos de IA cronometrados basados en progesterona para ganado *Bos indicus* II: resultados reproductivos del protocolo tipo EB o GnRH, usando o no GnRH en la IA. *Teriogenología*, 145, 86–93

Martínez, M. F., Kastelic, J. P., Colazo, M. G., y Mapletoft, R. J. (2007). Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 33, 77–90.

Medina, A. S. (2022). 28° DIA DEL GANADERO. 28° Día del Ganadero 2022 CEIEGT FMVZ UNAM, 69.

Montero, T.A. (2016). Eficiencia de dos dispositivos intravaginales para inseminación artificial a tiempo fijo

en bovinos. Tesis de grado. Universidad Veracruzana. Pp19-26

Muñiz. (2018). Efecto de la aplicación del dispositivo intravaginal CIDR® y DIB ® con IATF sobre la tasa de gestación en sistema doble propósito en el trópico Veracruzano. Tesis de grado. FMVZ. Universidad Veracruzana. Pp 1-43

Morgan W.F., & Lean, I.J. (1993) Gonadotrophin-releasing hormone treatment in cattle: a metaanalysis of the effects on conception at the time of insemination. *Australian Veterinary Journal* 70: 205-209.

Nava, G. (2015). La IATF como tecnología reproductiva para la cría. Seminario Técnico INIA.

Patterson, D.J., Cooke, R.F., Dahlke, G.R., Funston, R.N., Hall, J.B., Lamb, G.C., J. Lauderdale, J., Perry, G.A., & Van Eenennaam, A.L. (2016). Physiological and management advances enhancing adoption of applied reproductive management procedures in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94(E-Suppl. 5), 560-561. DOI: <https://doi.org/10.2527/jam2016-1168>. Consultado: [mayo, 2024].

Pérez, R.E., Quezada, C.A., Carrera-Chávez, J.M., Álvarez-Holguín, A., Ochoa-Rivero, J.M., Chávez-Ruiz, M.G., y Román-Ponce, S.I. (2022). Función ovárica y respuesta a la sincronización del estro en ganado Criollo en México. *Revisión Rev Mex Ciencia Pecuaria*. 13(2):422-451

Santos, E.R., Calderón, R.C., Vera-Ávila, H.R., Perera-Marín, G., Arreguín, A.J.A., Nett, T. M., Gutiérrez, A.C.G., & Villa-Godoy, A. (2014). Hormona luteinizante y actividad ovárica en respuesta a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-1 y leptina en becerras pre-púberes. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2), 181-200.

Souza, E. (2017). Ventajas y recomendaciones en la aplicación de unprograma de IATF. <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ventajas-y-recomendaciones-en-la-aplicacion-de-un-programa-de-iatf>. [consultado el 12 de abril de 2024].

Satheskumar, S., Janani, P.Y., Prakash, S., Raja, S., Jayaganthan, P., y Arunmozhi, N. (2023). Efecto de la GnRH el día de la inseminación sobre la respuesta ovulatoria en vacas mestizas. *Indio J. Anim. Reproducción*. 44, 27-30

Vasconcelos, J.L.M., Pereira, M.H.C., Wiltbank, M.C., Guida, T.G., Lopes, F.R., Sanches, C. P., Barbosa, L.F.P., Costa, W.M., y Munhoz, A.K. (2018). Evolution of fixed-time AI in dairy cattle in Brazil. *Anim. Reprod.*, 15, 940-951.

Integración de modelos de nicho ecológico y de distribución de especies para un manejo sanitario sustentable de los hatos de bovinos

¹Red de Estudios Moleculares Avanzados, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Morelos, México.

³SECIHTI Research Fellow, Red de Estudios Moleculares Avanzados, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

⁴Department of Integrative Biology, University of South Florida 2037. USF Beard Drive, SCA 110, Tampa, FL, USA.

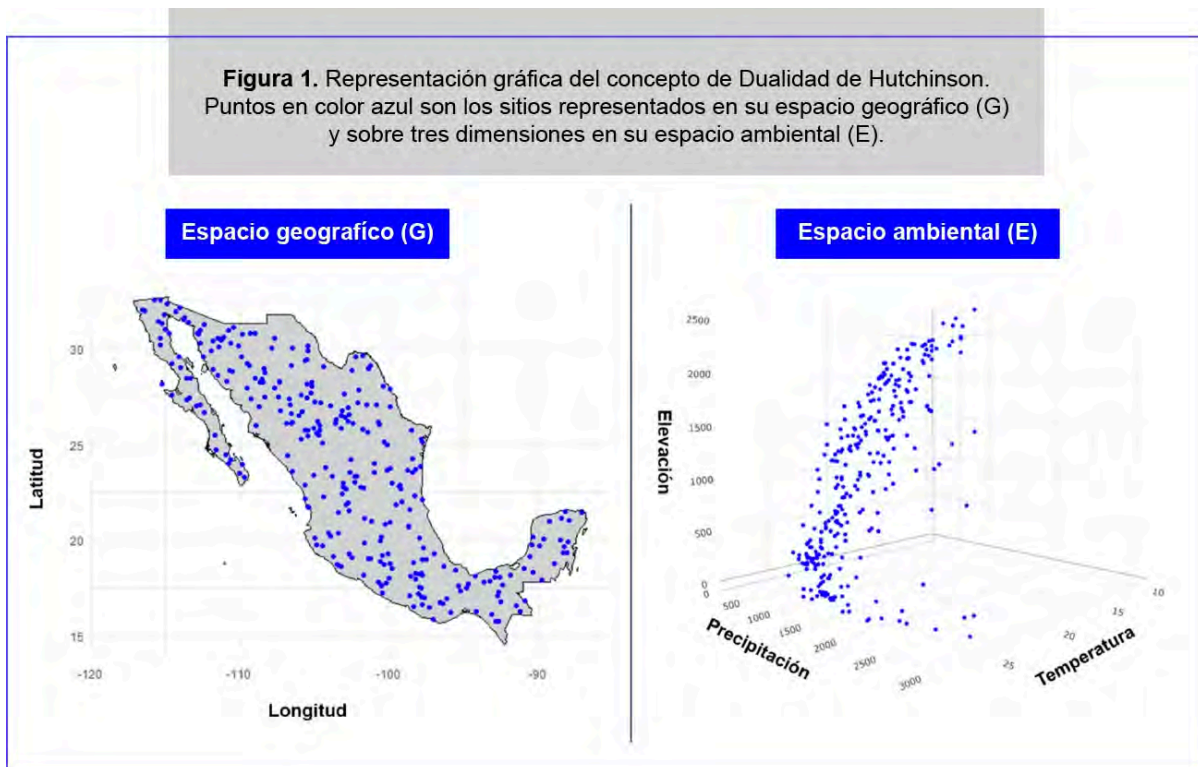
Uriel Mauricio Valdez Espinoza^{1,2}, Andrés Lira Noriega³, Diego Santiago Alarcón⁴

INTRODUCCION

La biogeografía y la ecología son disciplinas avocadas al estudio de los patrones de distribución de especies animales y plantas. La bondad de sus aproximaciones radica en comprender cuáles son los requerimientos ambientales de los que dependen las poblaciones de las especies a distintas escalas espaciales y temporales. Esto ha permitido plantear hipótesis para identificar regiones idóneas para la conservación de estas especies, así como también para realizar estudios enfocados en el conocimiento de las respuestas a los cambios de clima y su óptimo manejo (Fletcher *et al.*, 2019).

El concepto de “nicho ecológico” de las especies destaca como un concepto unificador de la teoría y la práctica de las distribuciones y requerimientos de las especies. Si bien ha sido un término que ha tenido una evolución en su uso y definición, es posiblemente uno de los términos más utilizados de la ecología. Desde el inicio del siglo XX. Joseph Grinnell, zoólogo estadounidense en 1917 hace referencia a este término, como a los factores climáticos que determinan la presencia de una especie en un sitio geográfico (Grinnell, 1917). Años después el zoólogo y naturalista inglés Charles Elton en 1927, reformula a este concepto para interpretarlo bajo el papel de las interacciones y la función que desempeña una especie dentro de una comunidad (Elton, 1927). Bajo este panorama, las definiciones de Grinnell y Elton, hacen referencia a los caracteres abióticos y bióticos, respectivamente que una especie requiere para su sobrevivencia. Fue hasta el trabajo del ecólogo George Evelyn Hutchinson en 1957 cuando se definió el nicho ecológico de una manera, a la vez que abstracta más operacional, como aquel espacio de n dimensiones (i.e., variables abióticas y bióticas) de las que una especie depende para desarrollarse y mantener poblaciones viables (Hutchinson, 1957).

Para poder mapear las condiciones del nicho ecológico de las especies en la geografía, es preciso hacer uso de la relación que hay entre el espacio de variables ambientales y el espacio geográfico, a lo que se conoce como la dualidad de Hutchinson (Coldwell y Rangel, 2019) (**Figura 1**). Este concepto hace referencia a que la localización de un sitio específico en la geografía tiene una posición dentro de un ambiente (E) y, por otro lado, un sitio específico dentro de un ambiente puede reflejarse en varias posiciones en la geografía (G). De tal manera que la presencia de una especie en sitios geográficos lejanos, pueden tener una cercanía ambiental, o bien, sitios geográficamente cercanos tener una lejanía ambiental.



Es a partir de la aplicación de estos conceptos que se puede construir hipotéticamente el nicho ecológico de las especies y de esta manera lograr predecir su distribución geográfica potencial, en lo que hoy conocemos como modelos de nicho ecológico (ENM por sus siglas en inglés) y de distribución de especies (SDM por sus siglas en inglés) (Soberón *et al.*, 2017; Peterson y Soberón, 2012).

De manera práctica, esto se lleva a cabo mediante la correlación de registros de presencia geográficos de las especies, con datos de clima, topografía u otras variables relacionadas con las condiciones ambientales (E), para después ser proyectadas en el espacio geográfico (G) (Guisan y Zimmerman, 2000; Soberón y Peterson, 2005).

Soberón y Peterson, (2005) representaron conceptualmente esto en un diagrama denominado BAM,

donde se presenta la interacción entre las condiciones bióticas (B), abióticas (A) y las áreas geográficas que han sido accesibles para las especies (M).

A la fecha se han desarrollado algoritmos predictivos para desarrollar ENM y SDM, y han sido ampliamente utilizados para el estudio ecológico de especies animales y de plantas. Así mismo, han sido aplicados al campo de la epidemiología espacial, para el diseño de modelos de distribución geográfica de enfermedades (Peterson, 2008; Peterson, 2014), con la finalidad de determinar las condiciones ambientales asociadas a su presencia, y así lograr identificar regiones geográficas donde pudiesen establecerse (Peterson, 2008; Peterson, 2014).

Debido a la relevancia de estas metodologías, el objetivo del presente trabajo es hablar de su uso en el campo de la ganadería bovina, y del potencial que tiene su implementación para el manejo sanitario de los hatos bovinos en los sistemas de producción extensivo, de tal manera que pueda resaltarse su implicación como una herramienta sustentable en los programas de prevención, control y de vigilancia epidemiológica.

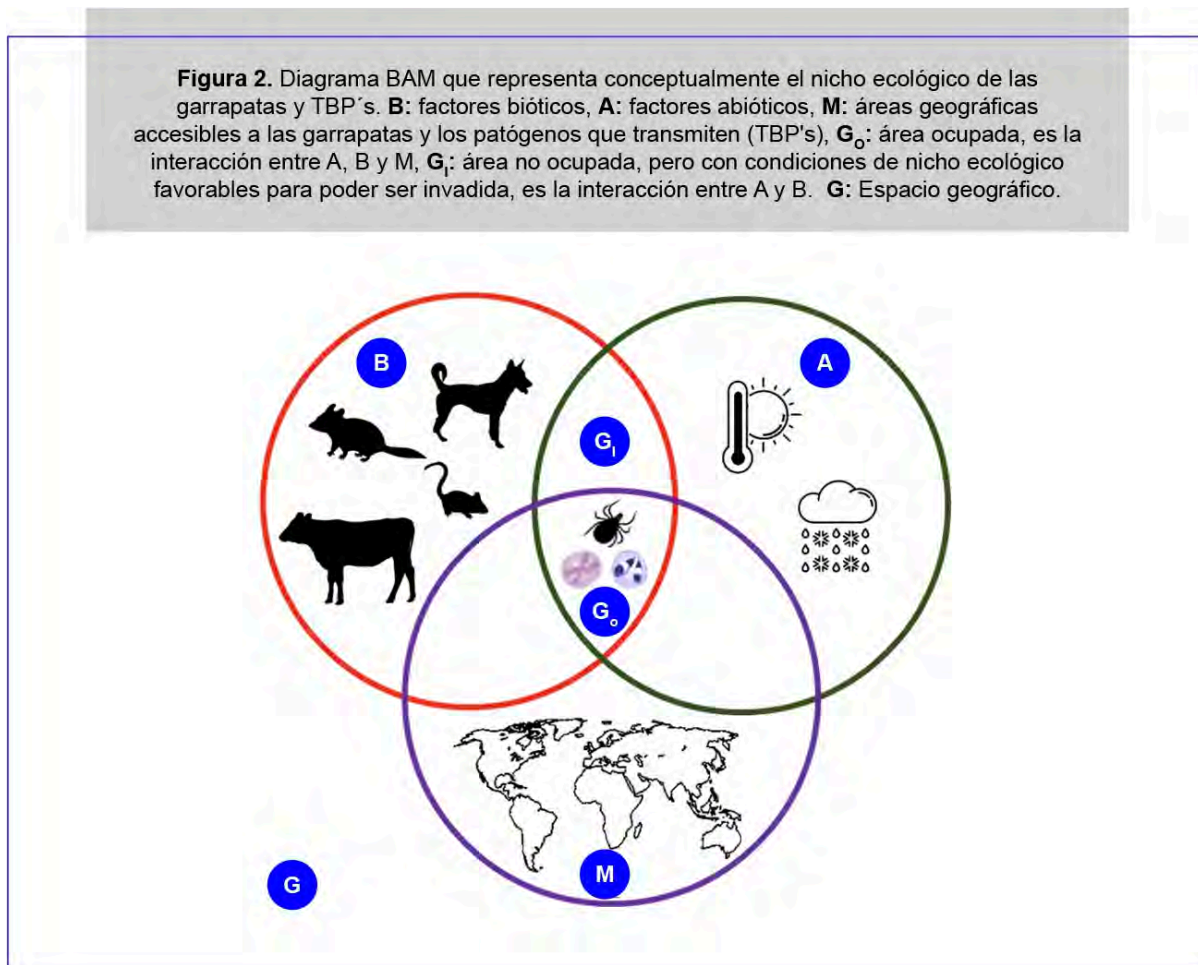
Principales problemas sanitarios en la ganadería bovina

México es el sexto país con mayor producción bovina a nivel mundial, y para el desarrollo de esta actividad se destinan 109.8 millones de hectáreas, siendo el sistema de producción extensivo el más predominante, el cual está caracterizado por desarrollarse a campo libre (Lassala *et al.*, 2020). Este sistema presenta las condiciones que favorecen las infestaciones por parásitos y son uno de los más graves problemas en la salud de los bovinos. En relación con esto, el control de garrapatas y los patógenos que transmiten es un componente importante para los programas de control sanitario de estos sistemas de producción (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017).

Las infestaciones por garrapatas del género *Amblyomma* spp. y *Rhipicephalus (Boophilus)* spp. son las de mayor importancia económica y sanitaria en la ganadería bovina nacional (Almazán *et al.*, 2018). Debido a su acción hematófaga, generan pérdidas económicas derivadas de la disminución en la producción de carne y leche y han sido estimadas en US\$573,308,076, según lo reportado para el año 2013 (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). Además, las garrapatas del género *Rhipicephalus (Boophilus)* spp. han generado pérdidas cuantiosas en los programas de mejoramiento genético bovino para nuestro país, debido a su capacidad de transmitir los hemoparásitos *Babesia bovis*, *Babesia bigemina*, y *Anaplasma marginale*, agentes etiológicos de la babesiosis y anaplasmosis bovina respectivamente, reportándose una mortalidad del entre el 30% y 50% de los bovinos destinados a estos programas en México (Vega y Murguía *et al.*, 1999; Rodríguez *et al.*, 2009). Estas mortalidades se derivan del movimiento de bovinos provenientes de zonas libres o con poblaciones inestables de *Rhipicephalus (Boophilus)* spp. e ingreso hacia zonas endémicas con poblaciones altas de *Rhipicephalus (Boophilus)* spp.

Modelos de nicho ecológico y de distribución de especies aplicados al estudio de la ecología y la distribución geográfica de las garrapatas y patógenos que transmiten

Las garrapatas son parásitos poiquilotermos, lo que implica que sus procesos metabólicos, tasas de crecimiento, periodos de incubación y el desarrollo de los patógenos que transmiten dependen directamente de las características ambientales (Randolph, 2004). Bajo este escenario, el nicho ecológico de las garrapatas y los patógenos que transmiten (TBP's por sus siglas en inglés) está conformado por factores abióticos (condiciones climáticas) y bióticos (hospederos, vegetación, etc.), que se encuentran presentes en las áreas donde se distribuyen (Pfäffle *et al.*, 2013) (**Figura 2**).



El campo de estudio de la eco-epidemiología ha desarrollado modelos predictivos para estimar el nicho ecológico y la distribución potencial de diversas especies de garrapatas y los patógenos que transmiten. Esto ha permitido mapear sitios de idoneidad que favorezcan su permanencia, así como la potencial expansión de estos agentes (Estrada-Peña, 2008). Trabajos recientes reportan una síntesis de SDM que se han desarrollado en el mundo para especies de garrapatas y como resultado se muestra una tendencia hacia las especies que afectan la salud humana, y hacia algunas especies de interés en la salud animal (Kopsko *et al.*, 2022).

Actualmente, el desarrollo de ENM y SDM ha incrementado debido al interés por el estudio geográfico de las garrapatas bajo diferentes escenarios de cambio climático en el mundo (Caminade et al., 2019). Esto ha permitido revelar escenarios de expansión del rango de distribución geográfico para especies de garrapatas y los patógenos que transmiten, así como modificaciones en la estacionalidad de la transmisión (Estrada-Peña *et al.*, 2012; Odgen *et al.*, 2021).

¿Pueden aplicarse los modelos de nicho ecológico y de distribución de especies como herramientas para el control de las garrapatas y los patógenos que transmiten al ganado bovino?

Para el caso de las garrapatas que afectan al ganado bovino se han reportado estudios donde se han desarrollado SDM para especies del género *Rhipicephalus (Boophilus) spp.* y *Amblyomma spp.* a diferentes escalas geográficas (Aguilar-Domínguez *et al.*, 2021; Estrada-Peña, 2006), en donde se incluye a México. Estos estudios han proporcionado información relevante sobre la distribución geográfica de estas especies de garrapatas, pero, la utilización práctica de estos resultados es escasa o nula. Esto puede deberse a que el empleo de las herramientas para estudios ecológicos no ha sido amplio en el campo de las ciencias veterinarias. Dado que las garrapatas son especies que dependen directamente de las características ambientales para su desarrollo biológico y establecimiento en los sistemas de producción, es necesario promover la aplicación práctica de estos trabajos para tener mejor conocimiento biogeográfico de las especies que afectan a la ganadería bovina, y que coadyuve a plantear metodologías sustentables e integrales para su control, en función de su ecología.

Al respecto, es importante enfatizar en que desde los años 80, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha sugerido el diseño de programas de control de garrapatas en el ganado donde se consideren los requerimientos ecológicos de las especies, y así tener una mejor aproximación a su distribución geográfica (Sutherst, 1987).

Existe evidencia de que los ENM y SDM han sido metodologías empleadas con éxito para el diseño e implementación de estrategias de control de vectores en campañas sanitarias oficiales, tales como *Glossina palpalis gambiensis* y la Tripanosomiasis en África (Dicko *et al.*, 2014).

Expuesto lo anterior, a continuación, describimos y representamos gráficamente diversas maneras para el uso de los modelos de nicho ecológico y de distribución de las especies de garrapatas de interés en la salud bovina, así como para los patógenos que transmiten (**Figura 3.1 y 3.2**):

1. Predicción de su distribución a diferentes escalas geográficas: mundial, país, estados, regiones.
2. Identificación de los sitios geográficos con mayor idoneidad ambiental para el establecimiento y mantenimiento de poblaciones de garrapatas y los patógenos que transmiten al ganado.
3. Identificación de sitios geográficos con mayores necesidades de programas de control según la idoneidad predicha de la distribución potencial.

4. Predicción de sitios geográficos con mayor probabilidad de ingreso de las especies de garrapatas previamente erradicadas, o el ingreso de garrapatas y los patógenos que transmiten a sitios donde aún no han sido reportados (G_I).
5. Predicción de zonas con mayor o menor prevalencia de hemoparásitos transmitidos por garrapatas al ganado bovino.
6. Aplicación de los resultados de estimación del nicho ecológico y predicción de la distribución geográfica de las garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) spp* y los hemoparásitos que transmiten, en los programas de mejoramiento genético bovino para la movilización de los sementales y vaquillas. Esto permitirá anticipar pérdidas y mejorará el impacto de los programas, bajo un enfoque sustentable.
7. Herramienta sustentable para la identificación de sitios de muestreos de campo para fines de investigación científica o de vigilancia epidemiológica, para corroborar la presencia (G_O), expansiones (G_I) o retracciones de la distribución geográfica y presencia de hemoparásitos.
8. Evaluación del impacto del cambio climático en el nicho ecológico y la distribución de las garrapatas que afectan al ganado bovino y de los hemoparásitos que transmiten.
9. Predicción de la invasión (G_O), establecimiento y expansión geográfica de especies de garrapatas exóticas, basado en la metodología "El ciclo de riesgo de amenazas" (del inglés hard risk cycle) que incluye las etapas de identificación, evaluación, mitigación, preparación, respuesta y recuperación, el cual es un marco ampliamente utilizado para gestionar los riesgos epidemiológicos.

Figura 3.1. Representación conceptual del diagrama BAM para estimar el nicho ecológico y la distribución geográfica potencial de las garrapatas del ganado bovino y los hemoparásitos que transmiten.

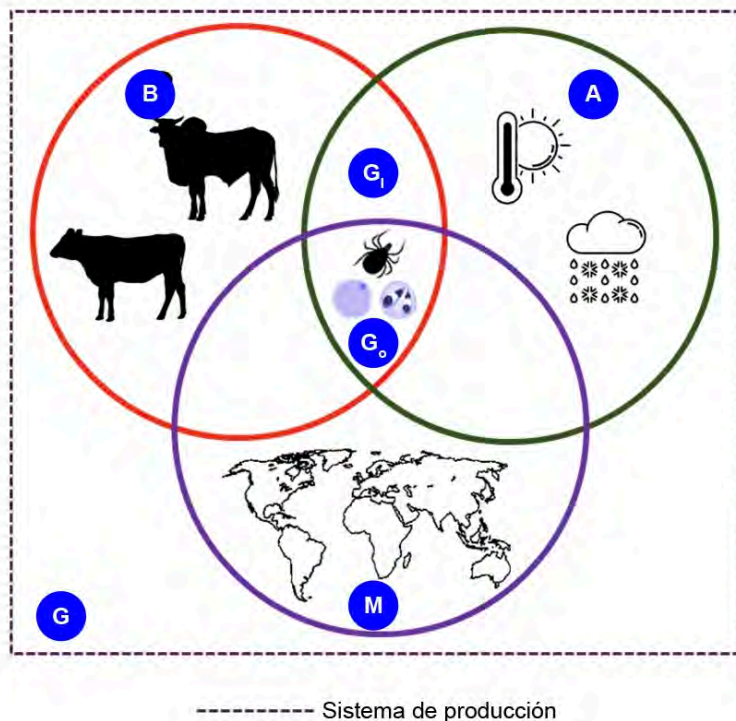
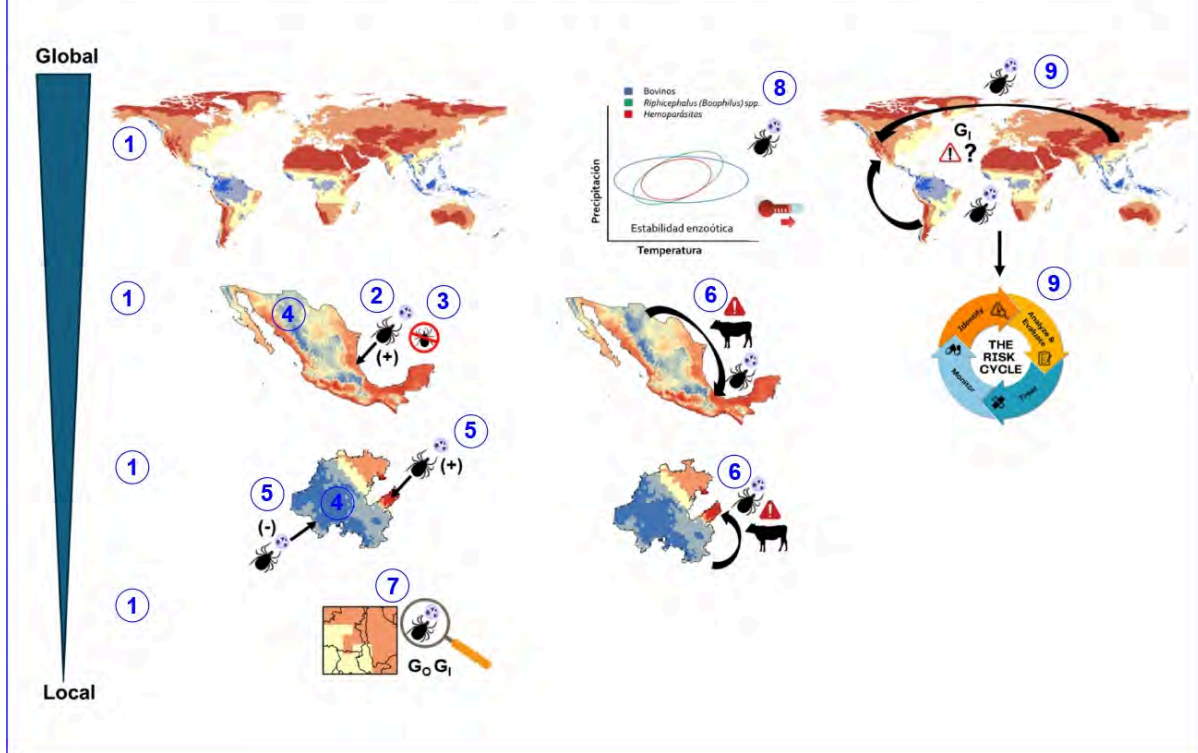


Figura 3.2. Representación gráfica del uso de los ENM y SDM a diferentes escalas geográficas, de global a local. La numeración esta relacionada a los puntos que se describen previamente (1-9). La tonalidad de coloración indica una hipótesis para representar en este trabajo; color rojo corresponde a los sitios con mayor idoneidad y tonos color azul claro se refiere a menor idoneidad.



Un ejemplo actual de la utilidad de los modelos de nicho ecológico y distribución de las garrapatas, y probablemente el único publicado científicamente para el tema de las especies que afectan al ganado bovino en nuestro continente, es el relacionado al primer reporte de *Haemaphysalis longornis* en 2017 parasitando una oveja en el estado de Nueva Jersey en EE. UU (Rainey et al., 2018). Esta garrapata es considerada una especie exótica para América, ya que es de origen asiático, afecta al ganado y también a los humanos, teniendo una capacidad vectorial amplia de patógenos. Esta especie es una amenaza importante para la industria ganadera de Rusia, Asia, Nueva Zelanda y Australia, ya que transmite a *Theileria orientalis*, el agente causante de la theileriosis bovina.

Posterior a su reporte, esta especie se ha identificado en nuevos sitios dentro de EE. UU. Por esta razón, Raghavan et al., (2019) modelaron el nicho climático y proyectaron su distribución geográfica potencial para EE. UU., México y parte de Canadá. Los resultados mostraron una idoneidad geográfica amplia en EE. UU. y México para esta especie de garrapata, lo que ha promovido en EE. UU. estudios relacionados a su competencia vectorial de patógenos como *Borrelia burgdorferi*, presente en este país y de gran interés en el caso de la salud humana (Breuner et al., 2020). Además, recientemente para *Babesia bovis* (Poh et al., 2024), uno de los agentes de la babesiosis bovina debido a que las predicciones indican una idoneidad en Texas, donde la ganadería bovina de EE. UU. se encuentra bien establecida. Estas acciones basadas en la

estimación del nicho ecológico de *Haemaphysalis longicornis* y su predicción de distribución geográfica permiten investigar aspectos relevantes de las especies para poder anticipar escenarios y establecer estrategias preventivas y de control.

CONCLUSIÓN

Los ENM y SDM son herramientas que pueden ser incorporadas en el manejo sanitario sustentable de los hatos bovinos para mejorar la identificación de zonas de riesgo, así como mejorar el manejo siendo parte de un programa integral y de esta manera reducir los costos por pérdidas económicas en la ganadería debidas a las garrapatas y los hemoparásitos que transmiten. Si bien la biogeografía de las enfermedades hoy en día ya plantea la incorporación de estas herramientas y conceptos para entender procesos epidemiológicos que afectan a la ganadería bovina en México, aún hay mucho espacio para su implementación y desarrollo. Trabajos previos se han enfocado en proyectar la distribución de garrapatas, sin embargo, no hay trabajos en los que se considere la inclusión de los hemoparásitos presentes en nuestro país, los cuales deberían ser evaluados también bajo este enfoque. Así mismo, no se han desarrollado e implementado a diferentes escalas geográficas y temporales que ayuden a resolver problemas puntuales dentro de nuestro territorio. Aunado a que, si bien se ha estimado la distribución, es necesario desarrollar más trabajos con datos actuales de clima, y escenarios de cambio climático que nos permitan revelar cambios en la idoneidad geográfica que han sucedido, y que están por suceder debido a la era del cambio climático global.

El esfuerzo de trabajo se ha enfocado en *Rhipicephalus (Boophilus) spp.* por ser la de mayor interés económico y sanitario, sin embargo, es importante también incluir otras especies de garrapatas que tienen una distribución geográfica menor, pero que tienen un rol importante parasítico, así como algunas con capacidad vectorial de patógenos al ganado bovino.

REFERENCIAS

- Aguilar-Domínguez M, Moo-Llanes DA, Sánchez-Montes S, Becker I, Feria-Arroyo TP, de León AP, Romero-Salas D. 2021. Potential distribution of *Amblyomma mixtum* (Koch, 1844) in climate change scenarios in the Americas. *Ticks Tick Borne Dis.* 12(6):101812.
- Almazán C, Tipacamu GA, Rodríguez S, Mosqueda J, Perez de León A. 2018. Immunological control of ticks and tick-borne diseases that impact cattle health and production. *Front Biosci.* 1;23(8):1535-1551
- Breuner NE, Ford SL, Hojgaard A, Osikowicz LM, Parise CM, Rosales Rizzo MF, Bai Y, Levin ML, Eisen RJ, Eisen L. 2020. Failure of the Asian longhorned tick, *Haemaphysalis longicornis*, to serve as an experimental vector of the Lyme disease spirochete, *Borrelia burgdorferi sensu stricto*. *Ticks Tick Borne Dis.* 11(1):101311.
- Caminade C, McIntyre KM, Jones AE. 2019. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann N Y Acad Sci.* 1436:157-73.

- Colwell RK, Rangel TF. 2009. Hutchinson's duality: The once and future niche. Proc Natl Acad Sci U S A. 106:19651-8
- Dicko AH, Lancelot R, Seck MT, Guerrini L, Sall B, Lo M. 2014. Using species distribution models to optimize vector control in the framework of the tsetse eradication campaign in Senegal. Proc Natl Acad Sci U S A. 111:10149-54.
- Elton C. 1927. Animal ecology. Jackson, London.
- Estrada-Pena A, Ayllon N, de la Fuente J. 2012. Impact of climate trends on tick-borne pathogen transmission. Front Physiol. 3.
- Estrada-Pena A. 2008. Climate, niche, ticks, and models: what they are and how we should interpret them. Parasitol Res. 103:S87-95.
- Estrada-Peña A, García Z, Sánchez HF. 2006. The distribution and ecological preferences of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in Mexico. Exp Appl Acarol. 38(4):307-16.
- Fletcher R, Fortin MJ. 2018. Spatial Ecology and Conservation Modeling: Applications with R. 10.1007/978-3-030-01989-1.
- Grinnell J. 1917. The Niche-Relationships of the California Thrasher. Auk. 34.
- Guisan A, Zimmermann NE. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecol Modell. 135:147-86.
- Hutchinson GE. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harb Symp Quant Biol. 22.
- Kopsco HL, Smith RL, Halsey SJ. 2022. A Scoping Review of Species Distribution Modeling Methods for Tick Vectors. Front Ecol Evol. 10.
- Lassala A, Hernández-Cerón J, Pedernera M, González-Padilla E, Gutiérrez, Carlos G. 2020. Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. *Veterinaria México OA*, 7(1), 00004.
- Ostfeld RS, Brunner JL. 2015. Climate change and Ixodes tick-borne diseases of humans. Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences. 370.
- Peterson AT, Soberon J. 2012. Species Distribution Modeling and Ecological Niche Modeling: Getting the Concepts Right. *Natureza & Conservacao*. 10:102-7.
- Peterson AT. 2008. Biogeography of diseases: a framework for analysis. *Naturwissenschaften*. 95:483-91.
- Peterson AT. 2014. Mapping Disease Transmission Risk: Enriching Models Using Biogeography and Ecology. *Emerg Infect Dis*. 21
- Pfäffle M, Littwin N, Muders SV, Petney TN. 2013. The ecology of tick-borne diseases. *Int J Parasitol*. 43(12-

13):1059-77.

- Poh KC, Aguilar M, Capelli-Peixoto J, Davis SK, Ueti MW. 2024. *Haemaphysalis longicornis* (Acari: Ixodidae) does not transmit *Babesia bovis*, a causative agent of cattle fever. *Ticks Tick Borne Dis.* 5;15(6):102374.
- Pulliam HR. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecol Lett.* 3:349-61.
- Raghavan RK, Barker SC, Cobos ME, Barker D, Teo EJM, Foley DH, Nakao R, Lawrence K, Heath ACG, Peterson AT. 2019. Potential Spatial Distribution of the Newly Introduced Long-horned Tick, *Haemaphysalis longicornis* in North America. *Sci Rep.* 24;9(1):498.
- Rainey T, Occi JL, Robbins RG, Egizi A. 2018. Discovery of *Haemaphysalis longicornis* (Ixodida: Ixodidae) Parasitizing a Sheep in New Jersey, United States. *J Med Entomol.* 4;55(3):757-759.
- Randolph SE. 2004. Tick ecology: processes and patterns behind the epidemiological risk posed by ixodid ticks as vectors. *Parasitology.* 129 Suppl:S37-65.
- Rodríguez SD, García Ortiz MA, Jiménez Ocampo R, Vega y Murguía CA. 2009. Molecular epidemiology of bovine anaplasmosis with a particular focus in Mexico. *Infect Genet Evol.* 9(6):1092-101.
- Rodríguez-Vivas R, Grisi L, Pérez de León A, Villela H, Torres-Acosta JF, Fragoso Sánchez H, Romero SD, Rosario Cruz, R, Saldierna F, García CD. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Review. Revista mexicana de ciencias pecuarias,* 8(1), 61-74.
- Soberon J, Osorio-Olvera L, Peterson T. 2017. Conceptual differences between ecological niche modeling and species distribution modeling. *Rev Mex Biodivers.* 88:437-41.
- Soberon J, Peterson AT. 2005. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics.* 2.
- Sutherst, RW. 1987. Tick ecology: the importance of population dynamics in developing national tick control and eradication programs. In: *The Eradication of Ticks*, vol. 75. *FAO Animal Production and Animal Health*, pp. 196-210.
- Vega y Murguía CA, Figueroa Millán JV, Ramos AJ, Rojas RE, Hernández OR, Rodríguez CS, Canto AJ. 1999. Experiencias en el desarrollo de una vacuna contra la Babesiosis bovina en México. 199-210. *Puerto Vallarta, Jalisco.*

Tipificación de producción bovina en la sierra norte de Puebla

Resumen

La ganadería es una de las actividades más importantes en México y el mundo para la producción de alimentos destinados al consumo humano. Si bien en las poblaciones de la Sierra Norte de Puebla es una actividad primordial, creadora de empleos, las prácticas realizadas en ella no son adecuadas para obtener resultados óptimos de producción es por ello que en México se han implementado programas para la transferencia de tecnología para mejorar la productividad de la ganadería bovina. El objetivo principal del presente trabajo es realizar la tipificación de las prácticas dando como resultado el sistema de producción de ganado predominante en la región para identificar las carencias y poder realizar transferencia de tecnología, esto a través de encuestas realizadas a los productores. Los resultados más sobresalientes nos arrojan la siguiente información: el uso de tierras extensivas con alimentación de pastos nativos y de forma temporal para la producción, escolaridad mínima y edad avanzada de los productores y una infraestructura muy baja. Finalmente, la homogenización de los datos recabados en las distintas unidades de producción permitirá maximizar la producción y comercialización.

Introducción

Los sistemas de producción de ganado y carne son de vital importancia para la economía del país (1). La producción de ganado bovino para carne se desarrolla bajo diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo y por su finalidad; esta comprende novillos para abasto, becerros para exportación y la producción de pie de cría (SENASICA 2017).

El sistema de venta de becerros al destete (sistema vaca-becerro) desarrollado bajo condiciones extensivas es el más predominante a nivel nacional (SIAP, 2019). En el cual generalmente las vacas se mantienen en pastoreo en praderas de pastos naturales o inducidos, con poca o nula complementación alimenticia.

En México, existe una producción de 4,002,013 toneladas en pie, mientras que la producción que tiene Puebla es de 80,846 toneladas en pie (SIAP,2023).

Debido a su calidad nutricia la carne de res es uno de los productos más consumidos y apreciados. La calidad de la carne mexicana se debe en gran medida a los sistemas de producción utilizados en el país

(Parra, M; 2024). Los ganaderos mexicanos se esfuerzan por criar ganado saludable y de alta calidad utilizando técnicas de manejo animal y cuidando la alimentación de los animales.

Si bien esto sucede en todo el país, la producción de becerros es austera debido a la nula capacitación en técnicas que favorezcan los parámetros productivos, (Callejas et al;2014), es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo hacer una tipificación del sistema ejercido con sus características para poder hacer énfasis en las carencias y tratar de solucionarlas.

Material y métodos

El presente estudio se realizó en la Sierra Norte de Puebla, tomando en cuenta 5 municipios: Amixtlán, San Felipe Tepatlán, Hermenegildo Galeana, Coatepec y Tepango de Rodríguez con un territorio total comprendido de 174 470 hectáreas. La localidad de Cuautotola tiene un territorio de Has, sus coordenadas son latitud 20° 4 6 N, longitud 97° 47 49 oeste, está situado a 1364 metros sobre el mar y tiene un clima semicálido húmedo. (INEGI). Se realizó una revisión bibliográfica con información disponible en bases de datos sobre conceptos de la tipología y la importancia de homogenizar un sistema de producción. Para la realización de la tipología se utilizó la metodología propuesta por la Red Internacional De Metodologías De Investigación En Sistemas De Producción, se realizó una encuesta aplicando un cuestionario semiestructurado a 50 propietarios dedicados a la ganadería. Esta actividad fue realizada desde el mes de mayo a junio del 2024. Los aspectos que se consideraron fueron: Información general de los entrevistados: número de integrantes de la familia, escolaridad, edad.

Resultados

En la **figura 1** se presentan los intervalos de edad, escolaridad, grupo indígena y el sexo de los propietarios. Cabe resaltar que el 76% de los propietarios pertenecen a un grupo indígena (Totonaku), el resto no pertenece a ningún otro.

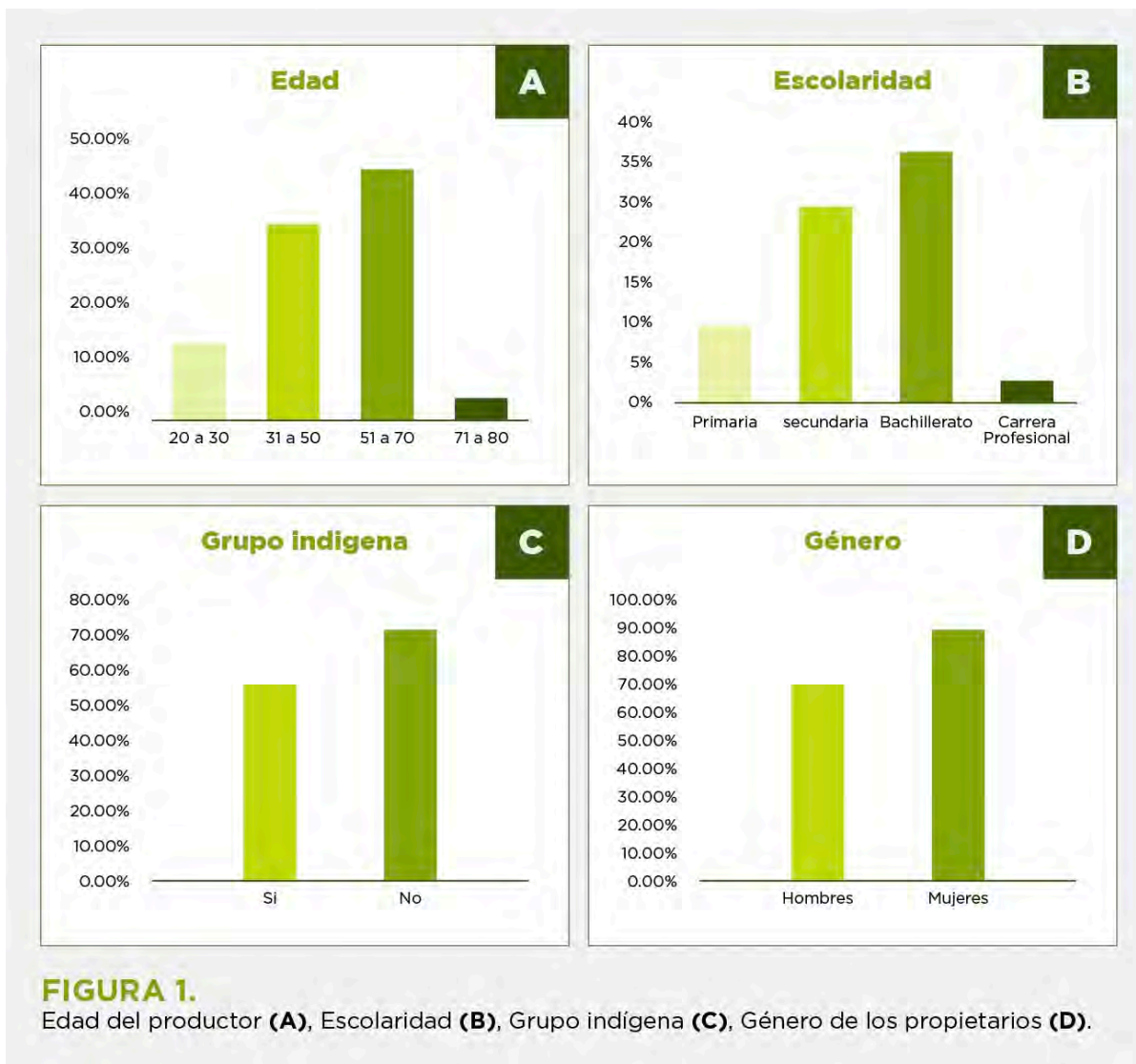
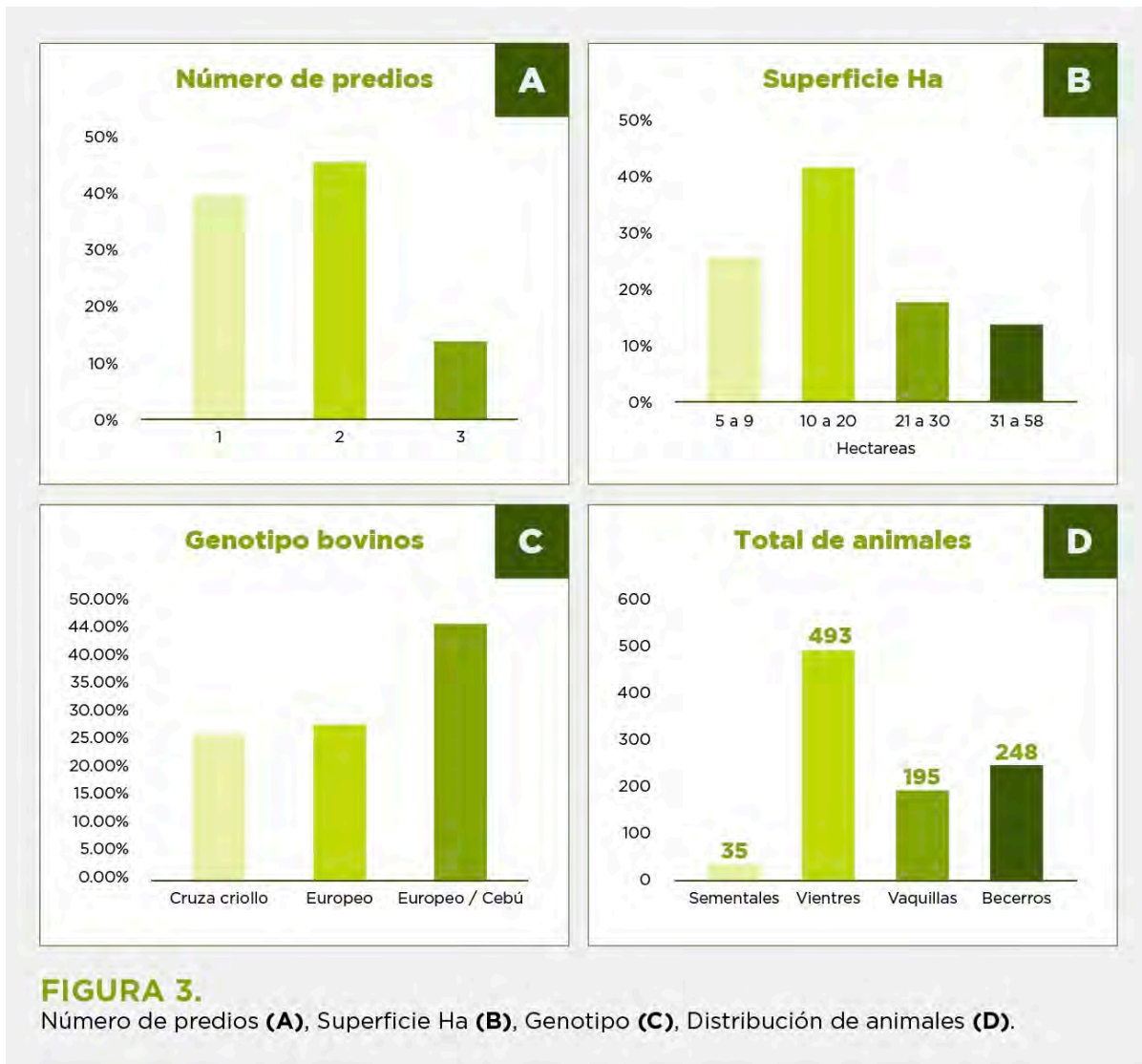




FIGURA 2. Cantidad de bovinos por producción (A), Tipo de producción (B), Años practicando la ganadería (C), Carga animal (D).

Número de predios, Superficie (ha), Genotipo, Distribución de animales

El número de predios, la superficie (ha), genotipo y distribución de animales se muestran en la **figura 3**.



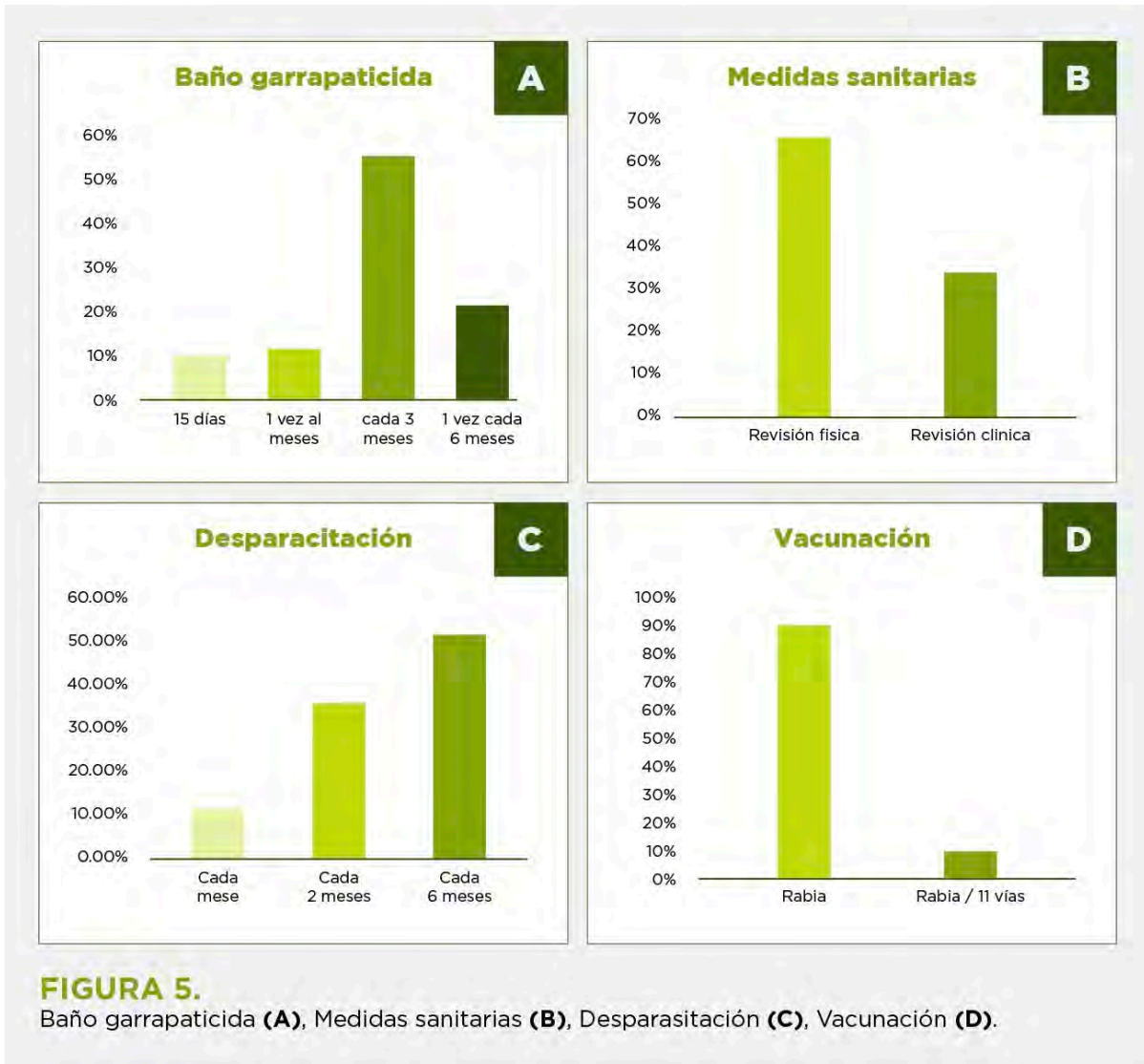
Manejo reproductivo

Algunos de los aspectos reproductivos se muestran en la **figura 4**.

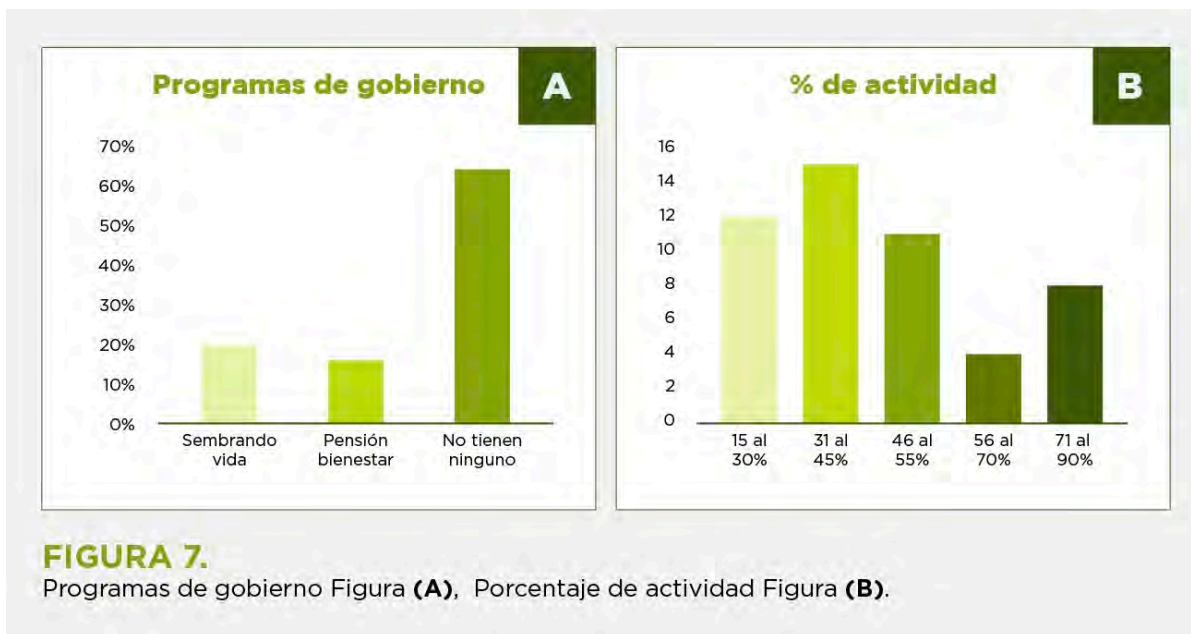


Manejo Sanitario

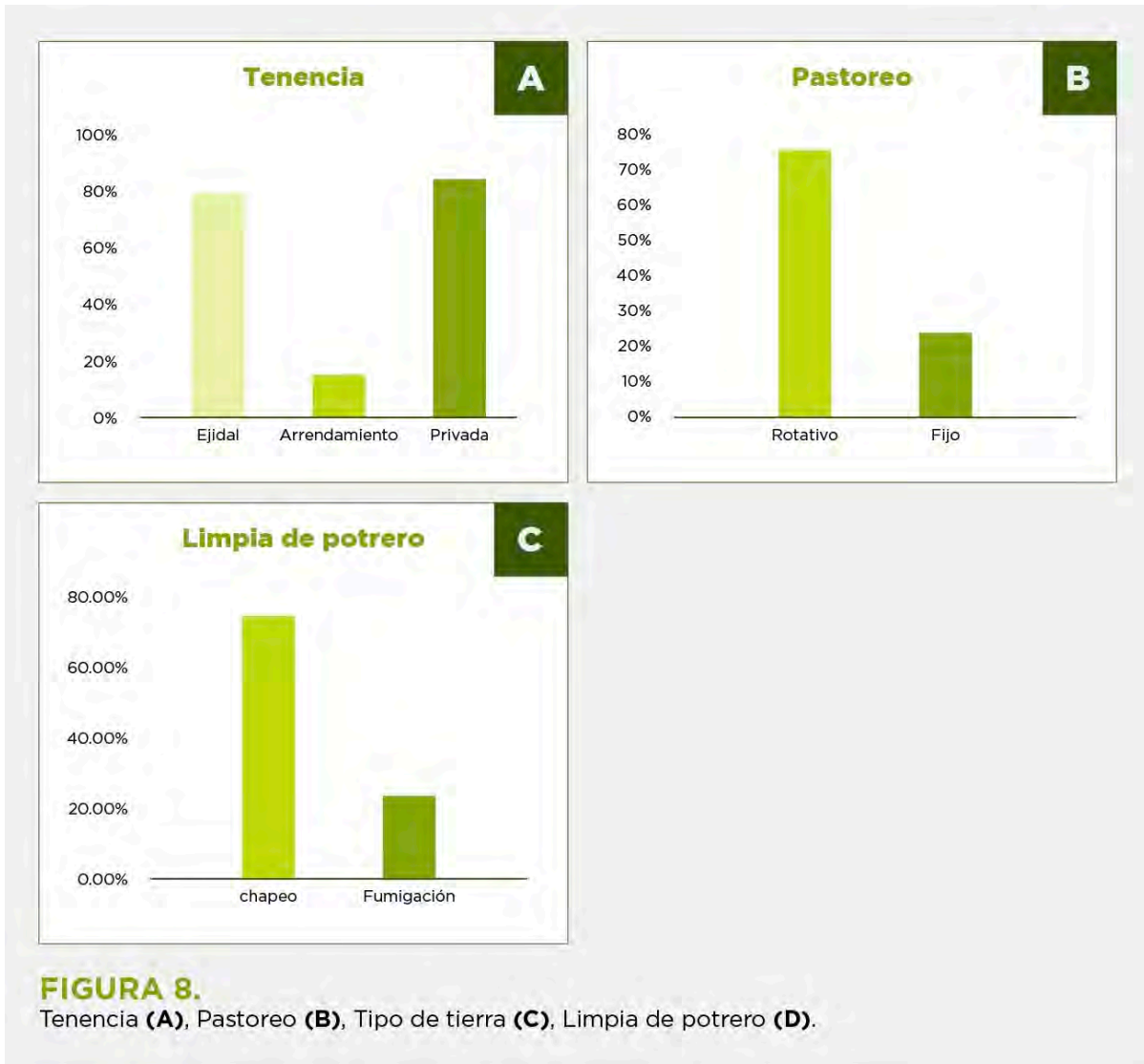
Los baños garrapaticidas se aplican a un 100% de las unidades de producción, lo que varía son los periodos de aplicación.



En cuanto a los programas de gobierno (Figura 7A), el 64% no cuenta con ningún apoyo de gobierno, el 20% tiene apoyos para el campo, mientras que con un 16% cuentan con pensión. La importancia de la ganadería tiene un intervalo del 15% a un 90% obteniendo el mayor punto entre un 31% y 45% (Figura 7B).



Manejo de potreros



Discusión

De los 50 productores entrevistados el 92% fueron hombres y el 8% fueron mujeres, coincidiendo con los resultados obtenidos por (Almeraya *et al.*, 2024), el 47.5% tuvo una edad promedio de 51 años, similar a lo encontrado por (Granados., 2018). En cuanto a la escolaridad un 38% cuenta con educación primaria similar a lo que reporta (Méndez *et al.*, 2019. Bautista *et al.*, 2021), la edad promedio y el grado de escolaridad de los productores determina el grado de uso y adopción de las tecnologías esto acorde a lo reportado por (Almeraya *et al.*, 2024).

El tipo de ganadería que se practica en un 90% de las UPP es bajo el sistema de manejo en pastoreo extensivo equiparable a lo descrito por (García, Albarrán, Rebollar, 2018).

Un 86% de la tenencia de la tierra es de tipo privada similar a lo descrito por (Pardo, Muñoz, Velásquez, 2020) y (Parra y Magaña 2019); El 100% de los productores realiza manejo sanitario, que consiste en la prevención de enfermedades mediante la desparasitación interna y externa con un 52% de los propietarios similar a la que se obtuvo con (Kayser *et al.*, 2023) en Guerrero.

La carga animal tuvo un promedio del 0.99 que entra dentro del rango obtenido por López, Cordero, Medina, 2020). Con respecto al hato ganadero, se encontró que los productores tienen en promedio de bovinos del 19.22 donde son clasificados en sementales de 1.16%, en vientres hay un promedio de 10.27%, novillonas 4.87% y de becerras se obtuvo un promedio de 5.27%.

La revisión clínica es solo utilizada con 34% similar a lo obtenido con Graillet *et al.* 2014, en donde solo se realizan pruebas de brucelosis considerando ser una cantidad muy baja, siendo pruebas obligatorias en el territorio nacional debido a que se trata de enfermedades zoonóticas.

Conclusiones

En los 5 municipios (Coatepec, Amixtlán, Tepango de Rodríguez, Hermenegildo Galeana y San Felipe Tepatlán) los productores de bovinos tienen de a animales y una superficie total de menor a ha. El sistema de producción es extensivo con dependencia a pastos nativos animales cruzados de raza cebú/europeo y una infraestructura mínima.

La tipificación obtenida permite detectar las debilidades y fortalezas que contribuyen con el desarrollo económico de la región. Muchas de estas unidades, se encuentran con carencias, por lo que es necesario maximizar su producción a través del manejo de producción, alimento, medicina preventiva, implementación de leguminosas forrajeras y conservación de forrajes para épocas de escases de pastos.

Bibliografía

- Miranda M. 2020. Hacia una ganadería sostenible en México. Consejo Mexicano De La Carne. Disponible en: <https://comecarne.org/hacia/una-ganaderia-sostenible-en-mexico/> [Consultado: 10-junio-2024].
- Gerónimo M, Claudio C, Caché JM, Vargas E, Gonzales A. (2022). Diversity and abundance of native and introduced vegetation in grassland of Tantoyuca, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Callejas, N., Aranda, H., Rebollar S., De la Fuente ML. 2014. Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua México. Universidad de Costa Rica, pp. 1-1. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/437/43730495013/html/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20bovinos%20de,et%20al.%2C%202011> [Consultado: 28-05-2024].
- Parra, M. 2024. Calidad de la carne de res y sus cualidades de mayor importancia. Entorno Ganadero. Disponible en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/calidad-de-la-carne-de-res-y-sus>

cualidades-de-mayor-importancia/ [Consultado: 8-06-2024].

- Martínez, J., Castillo, S., Villalobos, A., Hernández, J. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia agropecuaria*, (26), pp. 132-152. Disponible en: <http://www.revistacienciaagropecuario.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/78> [Consultado: 05-05-2024].
- Kayser, Y., Montiel, F., Severino, V.H., Canseco, R., Ahuja, C., Barrientos, M., Molina, O. (2023). Caracterización tecnológica de ganaderos y su percepción sobre la transferencia de embriones en Guerrero México. *Acta universitaria*, (33), pp. 1-2. DOI: 10.15174/au.2023.3745
- Almeraya, S., Mora, S., García, A., Hernández, O., Almeraya X. (2024). Caracterización de la cadena de abasto de ganado bovino producido en la zona norte de Veracruz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, (21), pp. 262-275. DOI: 10.22231/asyd.v21i2.1602.
- Pardo, Y., Muñoz, J., Velásquez, JE. (2020). Tipificación de sistemas agropecuarios en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista espacios*, (41). DOI: 10.48082/espacios-a20v41n47p16.
- Bautista, D., Vieyra, JE., Zavala, E., Meraz, CI., García LI. (2023). Description of tropical livestock systems from the perspective of economic developmet theories. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6 pp. 3423-3434. DOI: 10.34188/bjaerv6n4-027.
- Jiménez, JA., Ramírez, R., Hernández, JG., Galdámez, D. (2018). Caracterización de la ganadería bovina del Estado de Chiapas. *Biodiversidad y Paisajes Ganaderos Agrosilvopastoriles Sostenibles*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28063519011> [Consultado: 17-05-2024].
- Vilaboa, J., Díaz, P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*. (27). Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692009000400008&script=sci_arttext [Consultado 25-05-2024].
- Enríquez, JF., Esqueda, VA, Martínez, D. (2021). Rehabilitación de praderas degradadas. *Revista Mexica Ciencia Pecuaria*, pp. 243-260. DOI. 10.22319/rmcp.v12s3.5876

Transformación digital: BigVaca, para una ganadería incluyente, rentable y sustentable con #elinternetdelasvacas

INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en la propuesta de Transformación Digital del sector ganadero con las plataformas **REDIGAN & BigVaca, para una ganadería incluyente, rentable y sustentable**, aplicando lo aprendido en el máster de OBS Business School/Universitat de Barcelona, con el rediseño y creación de nuevos productos, que permiten el cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sustentable 2030 en su estrategia de implementación.

CONTEXTO DEL PROYECTO

Como trabajo final del máster de Transformación Digital en OBS, se creó una idea de negocio llamada BigVaca, como spinoff de la Red Digital Ganadera REDIGAN¹ que digitaliza y democratiza al sector ganadero & cárnico en Latinoamérica:



Con esto buscamos mejorar la eficiencia y rentabilidad de la cadena de suministro, a través del bigdata generado en campo por las herramientas de la filial REDIGAN, conformando una plataforma tecnológica que transforme las capacidades del sector y cumpla su misión:

“Transformar la industria agroalimentaria mediante soluciones digitales innovadoras, que promuevan sustentabilidad, la inclusión y la rentabilidad del ecosistema ganadero”.

“Transformar la industria agroalimentaria mediante soluciones digitales innovadoras, que promuevan la sustentabilidad, la inclusión y la rentabilidad del ecosistema ganadero”.

La finalidad es conectar digitalmente a toda la cadena productiva de producción de proteína animal cárnica con el ecosistema de sus proveedores y clientes, democratizando la inclusión de pequeños productores con el sector industrializado de la carne y la medición de los indicadores de desempeño de sustentabilidad generados por el bigdata.

METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolla utilizando la metodología de entrevista en +100 empresas en 12 años como consultor del sector bajo el modelo **AAMA**² de innovación de diseño basado en el cliente, para generar la propuesta de solución que resuelva los retos de la creciente población y los desafíos de sostenibilidad agroalimentaria en la agenda ODS 2030.

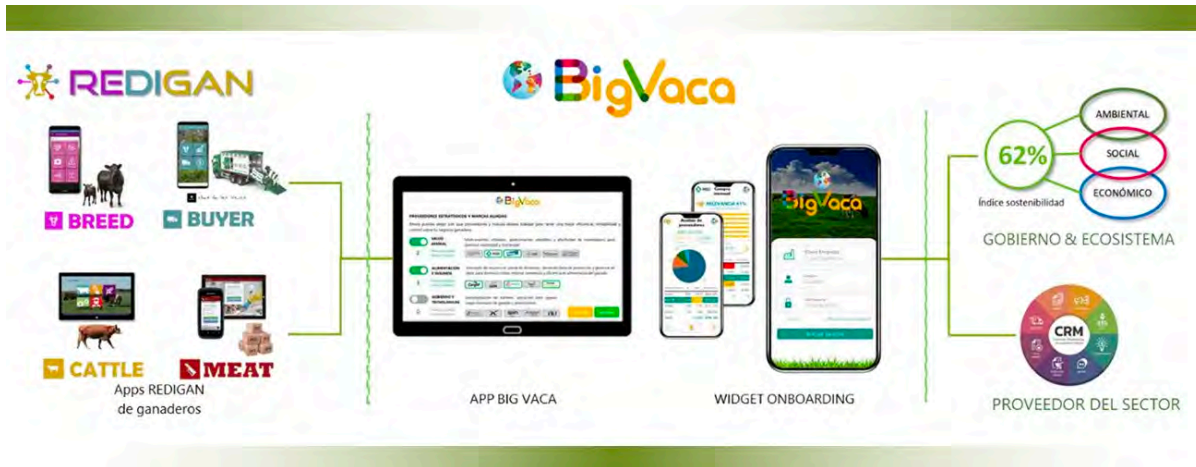
Ref¹: **REDIGAN Plataforma de procesos ganaderos (elinternetdelasvacas.com)**, Ref²: **AAMA | LinkedIn**

ÁMBITO DEL PROYECTO

Para entender la digitalización ganadera, se explican las plataformas propuestas:

BIGVACA

Esta plataforma transacciona la data generada en la Red Digital Ganadera y conecta los indicadores de sostenibilidad con gobiernos e insights de mercado con proveedores.



REDIGAN – Red Digital Ganadera

Es un portafolio de aplicaciones creado en 2012, que digitaliza 1,000,000 de vacas anualmente, en los eslabones de la cadena de suministro ganadera explicada a continuación:



A. Criadores. El origen de la cadena donde nace el ganado.

B. Acopiadores. Intermediarios que recolectan el ganado y realizan la compra-venta entre cada eslabón con guías de movilización.

C. Engordadores. Productores industrializados de ganado de engorda, que compran a acopiadores para desarrollar y vender animales en pie a plantas procesadoras.

D. Plantas cárnicas. Empresas que sacrifican ganado y empaican en canal o cajas para venta al

mercado nacional o exportación, con normas de calidad y trazabilidad.

OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

Desde la concepción del proyecto TFM en Septiembre de 2023, se plantearon los objetivos:

1. **Democratizar el acceso** a la economía digital de pequeños productores en Latinoamérica para una ganadería incluyente.
2. **Conectar digitalmente** una cadena B2B2C de ganaderos y sus proveedores, para disminuir costos y maximizar rentabilidad de cada eslabón.
3. **Capitalizar el bigdata** generado en campo para medir la sostenibilidad del sector y crear políticas basadas en información oportuna e insights de mercado.
4. **Integrar la visión de trazabilidad** de la Unión Europea y política ambiental, alineado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU hacia 2030.

Por lo que valoramos esta oportunidad de alinear la idea de negocio en TFM a la **convocatoria OBS Impacto 2024** que atiende los siguientes objetivos:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Fin de la pobreza | 6. Producción y consumo responsable |
| 2. Hambre cero | 7. Acción por el clima |
| 3. Energía asequible y no contaminante | 8. Vida de ecosistemas terrestres |
| 4. Industria, innovación e infraestructura | 9. Alianza para lograr los objetivos |
| 5. Reducción de las desigualdades | |



Esto pone de manifiesto la trascendencia del máster para resolver problemáticas y sumar esfuerzos que atiendan los ODS 2030 a través la transformación digital agroalimentaria.

Ref³: [Reducir la pobreza rural | \(fao.org\)](https://www.fao.org/)

RECURSOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

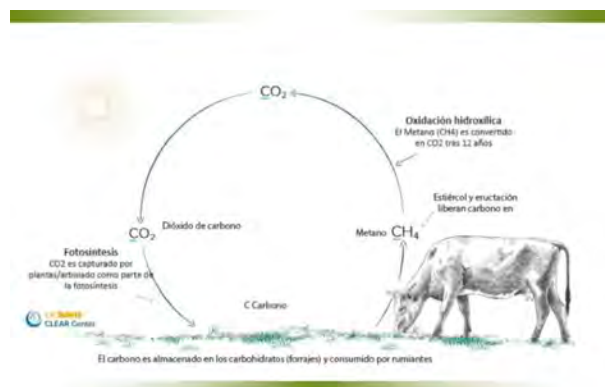
Hay dos recursos fundamentales para la realización del proyecto de investigación BigVaca:

1. **Homologación de indicadores de sostenibilidad ganadera** investigados por **PhD. Alfredo J. Escribano** de la Universidad de Extremadura, presentados en la sección de sostenibilidad en este documento.

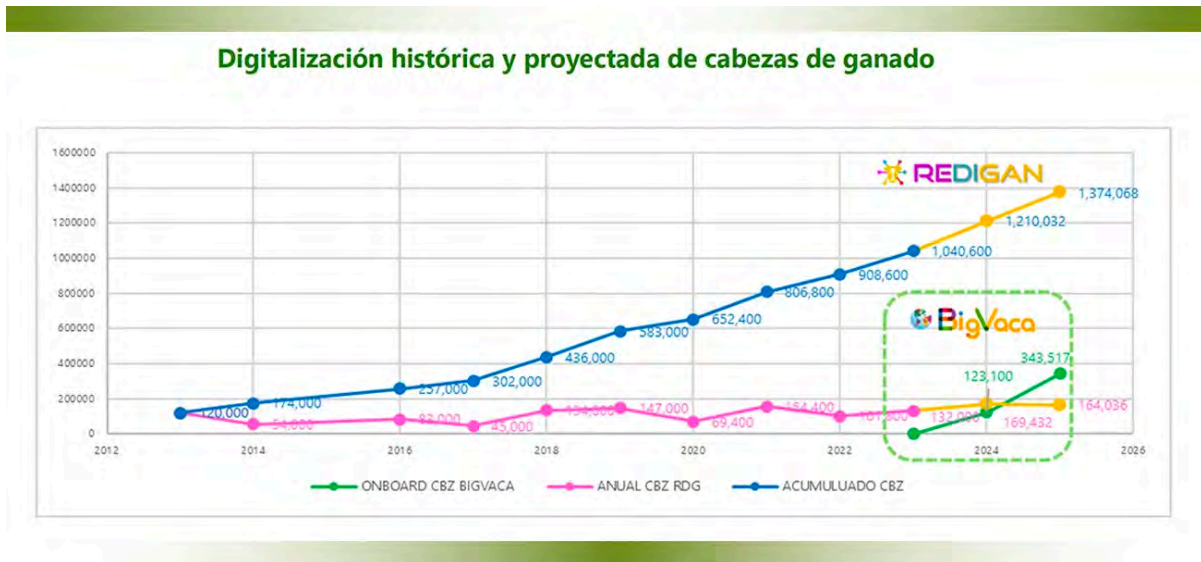
Ref⁴: [ESCRIBANO MSc, Ph.D. MBA \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/)

2. **Testeo del proyecto BigVaca** basado en data real e histórica de REDIGAN

Recurso clave de éxito REDIGAN/BigVaca



En virtud de que el proyecto tiene varios objetivos relacionados a las cabezas de ganado digitalizadas para medir su impacto real en el sector, se presenta a continuación la analítica histórica y proyectada de ambas plataformas para 2024-2026 como insumos de información para esta investigación.



Al capitalizar la data REDIGAN con 12 años de tracción en el mercado y 1,000,000 de cabezas de ganado (vacas) digitalizadas anualmente, se pueden lograr resultados medibles y reales que soporten el proyecto BigVaca como iniciativa de sustentabilidad con data ganadera.

RECURSOS PARA IMPLEMENTACIÓN POR OBJETIVO



Fin de la pobreza. El 8% de la población que trabaja en el campo para alimentar a los 8 billones de personas en el mundo, vive en pobreza⁴ en 80% de los casos.

Así mismo, el 90% de los ganaderos son pequeños productores con menos de 35 cabezas de ganado, lo que convierte su actividad en una ganadería de subsistencia que les obliga a migrar hacia las ciudades en busca del sustento para sus familias.

Estrategia RDG/BV: Adopción tecnológica sin costo. La tesis de proveer las aplicaciones REDIGAN gratuitas para productores con menos de 35 animales, permite la democratización y acceso a la economía digital.



Básico Inventario ganadero	Desarrollador Desarrollo de ganado +Básico	Criador 5★ Reproducción de ganado +Desarrollador	Registro Raza y pie de cría +Criador
<ul style="list-style-type: none"> Entrada: Alta de cabeza y kárdex Captura de aretes, foto, peso y sexo Salidas: Embarque, muerte y ventas Manejo de salud animal y medicinas Lleva inventario en Kgs y cabezas Registro de peso individual y grupal Calcula valor del hato Incluye suscripción REDIGAN 	<ul style="list-style-type: none"> Controla alimentación en campo Valida ganancia de peso esperada Lleva gasto de alimentación con GPS Administra kilos ganados vs. meta Integrado a sistemas contables Controla gastos vs presupuesto Genera estadística web del ganado Incluye suscripción REDIGAN 	<ul style="list-style-type: none"> Controla proceso reproductivo: monta natural, inseminación artificial e IATF Alerta improductivas y días abiertos Genera programa de destete Administra costos y utilidad por vientre Sugiere venta según días de alimentación vs. lista de precio de venta Incluye suscripción REDIGAN 	<ul style="list-style-type: none"> Lleva árbol genealógico individual Maneja transferencia embrionaria Se integra a reportes de asociación según raza especializada Presenta pedigree web del animal Calcula consanguineidad y empadre Genera trazabilidad de clase mundial Incluye suscripción REDIGAN

Ref⁵: Precios BREED | REDIGAN

Aplicando Transformación Digital:

- **Marketing digital:** estrategia de evangelización REDIGAN
- **Design thinking:** propuesta de valor BigVaca
- **Estrategias CRM:** segmentos de mercado, puntos de contacto cliente-persona.



Hambre cero. Donde hay pobreza existe hambre, por lo que al conectar digitalmente los eslabones de producción de la proteína animal se busca convertir la ganadería de subsistencia en microempresas integradas al ecosistema.

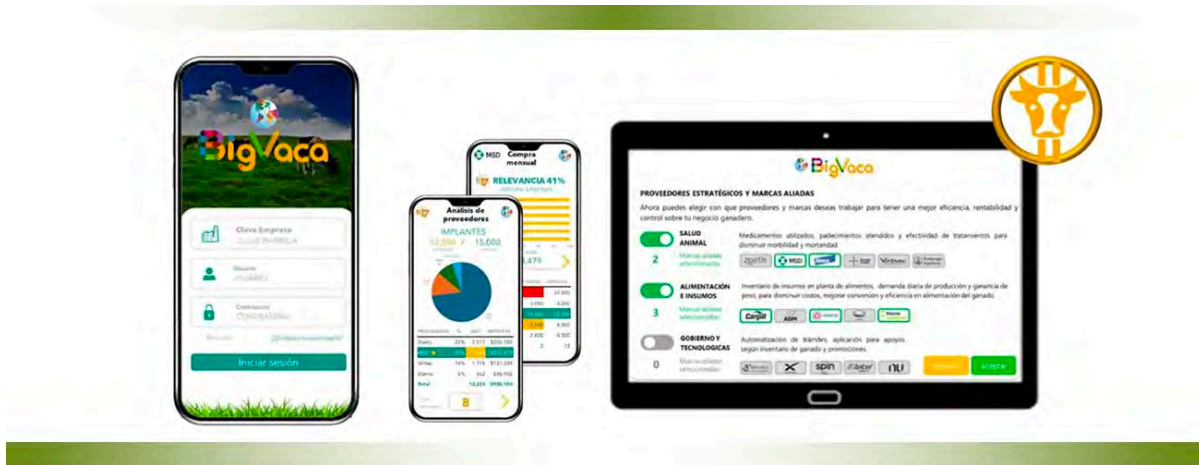


Estrategia RDG/BV: Digitalización de la cadena productiva. Acelerar llegada de productos del campo al mercado, eliminando el desperdicio para que familias pobres puedan adquirir alimentos de calidad a precios accesibles.



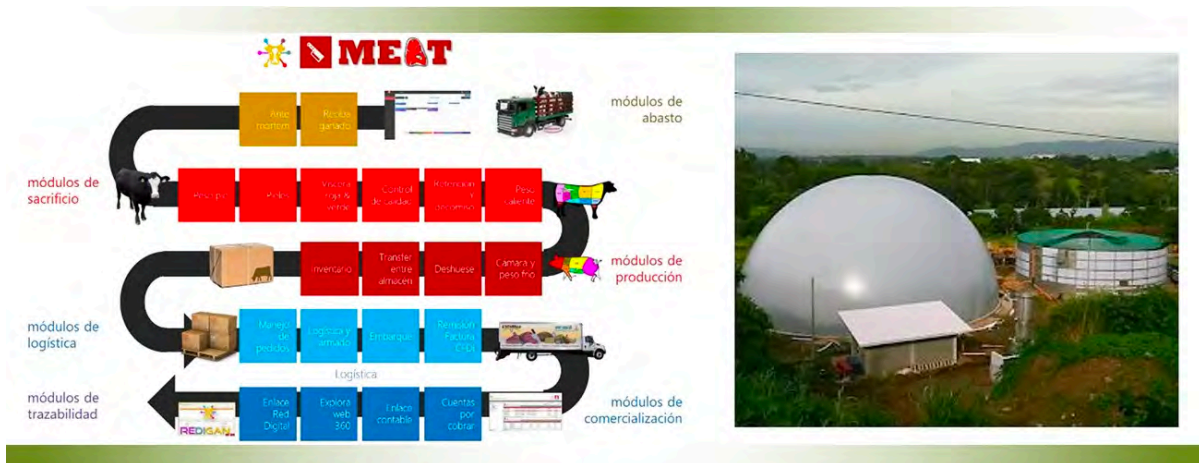
Aplicando Transformación Digital:

- Digitalización Supply chain: modelo B2B2C en BigVaca
- Estrategias Mobile: app y portal BigVaca
- Bootcamp China: trazabilidad internacional alimentaria
- Blockchain: contratos inteligentes REDIGAN, creación Livestock Fungible Token.



Energía asequible y no contaminante. Las plantas de explotación ganadera, sacrificio y empaque de productos cárnicos, tienen posibilidad de utilizar sus residuos orgánicos para producir gas y electricidad a través de biodigestores³, así como paneles solares que sirven de techo para corrales que dan autosuficiencia energética.

Estrategia RDG/BV: Balance energético de la capacidad instalada. En base a las transacciones registradas en plantas de alimento para ganado, así como animales sacrificados en mataderos, se pueden medir los indicadores de desempeño que correlacionan la carga animal al consumo energético, para realizar acciones de planeación y corrección que garantice la producción de energías no contaminantes.



Ref: [Quienes Somos,sostenibilidad, CIISA, Costa Rica](#)

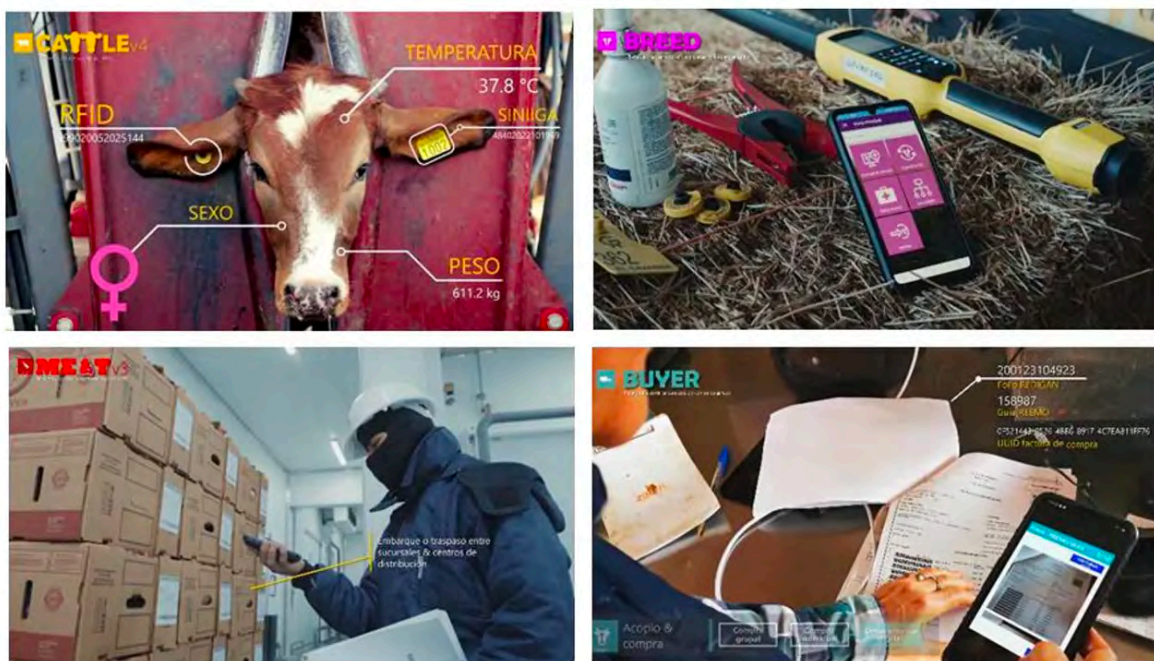
Aplicando Transformación Digital:

- Business Intelligence, big data & analytics: indicadores de animales procesados, calculo autosuficiencia en gas y electricidad, tratamiento y reciclaje de aguas grises.



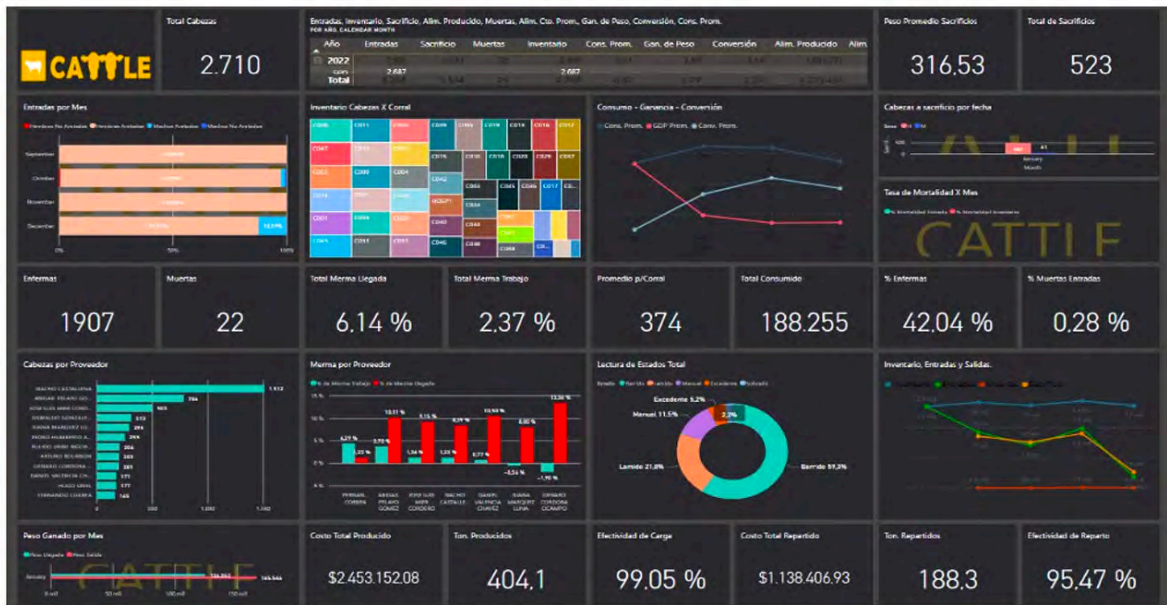
Industria, innovación e infraestructura. Con la automatización en REDIGAN CATTLE¹¹/MEAT¹², se incrementa la eficiencia de procesos productivos de grandes empresas industrializadas de ganadería y cárnicas respectivamente.

Estrategia RDG/BV: Automatización y medición de desempeño. Al automatizar sus procesos con innovación de #elinternetdelasvacas, se generan KPIs en tiempo real del desempeño y eficiencia en cada área, revolucionando la industria alimentaria con trazabilidad desde el campo al consumidor con tecnologías móviles, cloud y IoT.



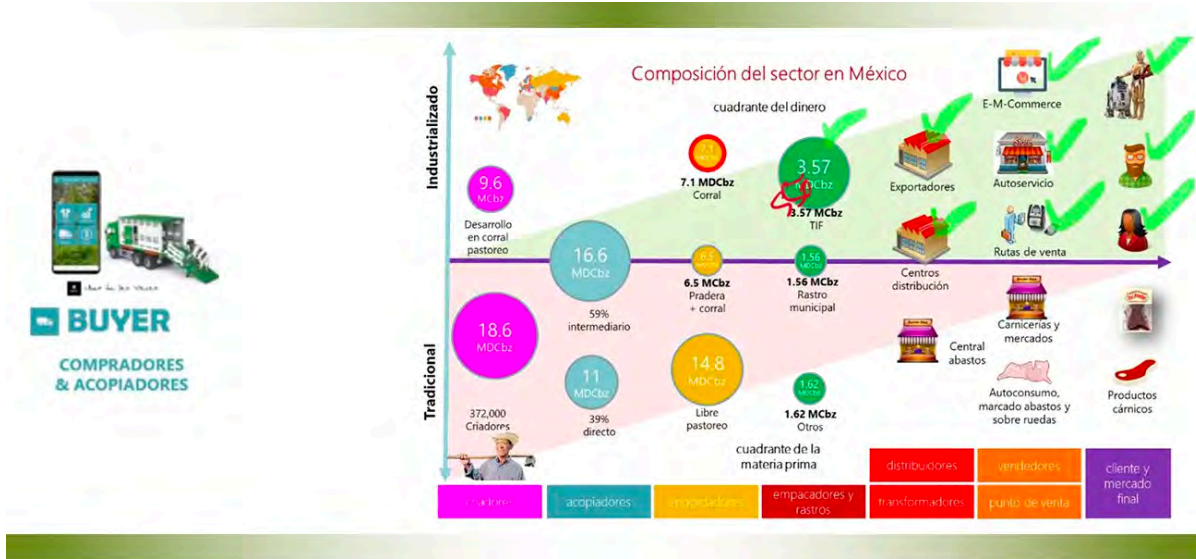
Aplicando Transformación Digital:

- Estrategias Mobile: recopilación y automatización de procesos
- Business Intelligence, big data & analytics: generación de dashboards de control.



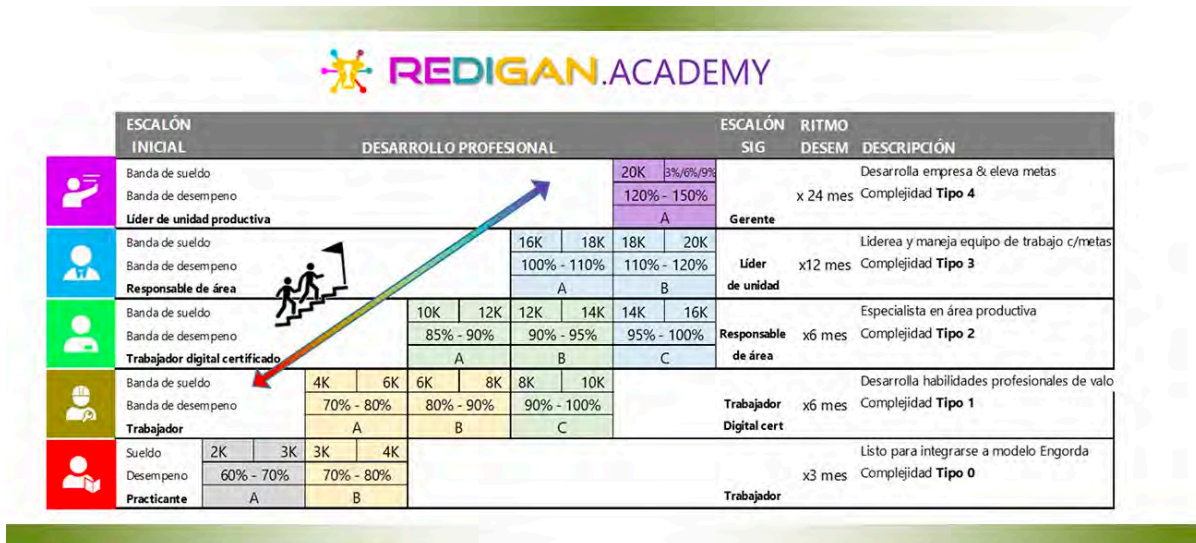
Reducción de las desigualdades. El objetivo de BigVaca inicia con la democratización de productores del campo a través de plataformas digitales que permiten el acceso a la economía digital del planeta, para competir en igualdad de circunstancias y mejorar su calidad de vida.

Estrategia RDG/BV: Comercio justo e inclusión digital. Al enrolar al ganadero en la Red Digital Ganadera, pertenece a un ecosistema incluyente que permite la comercialización entre actores de la cadena de suministro, disminuye costos de intermediación, controla la especulación, otorgando una identidad con oportunidades de crecimiento y balanceando las desigualdades entre sector tradicional e industrializado de la ganadería.



Aplicando Transformación Digital:

- **Liderazgo y gestión del cambio:** rediseño track REDIGAN Academy, estructuras de crecimiento, adopción tecnológica en sector primario
- **Gestión de proyectos Agile:** transformación de organización orientada a resultados, desarrollo de habilidades digitales c/Management 2.0



Producción y consumo responsable. Al digitalizar la cadena productiva, se promueve la eficiencia ganadera, el aprovechamiento de materias primas, buenas prácticas pecuarias de bienestar animal y trazabilidad para seguridad alimentaria.



Estrategia RDG/BV: Balance oferta-demanda/cliente-proveedor. Las aplicaciones REDIGAN tienen como objetivo fundamental monitorear los procesos productivos para lograr el 100% de eficiencia, así como conectar una economía JIT (justo a tiempo) que balancee la oferta y la demanda entre mercado y productores.



Aplicando Transformación Digital:

- Design thinking: creación del modelo de negocio BigVaca
- Digitalización Supply Chain: plataforma de relacionamiento cliente-proveedor B2B2C
- Estrategias Mobile: diseño de aplicaciones BigVaca & portal

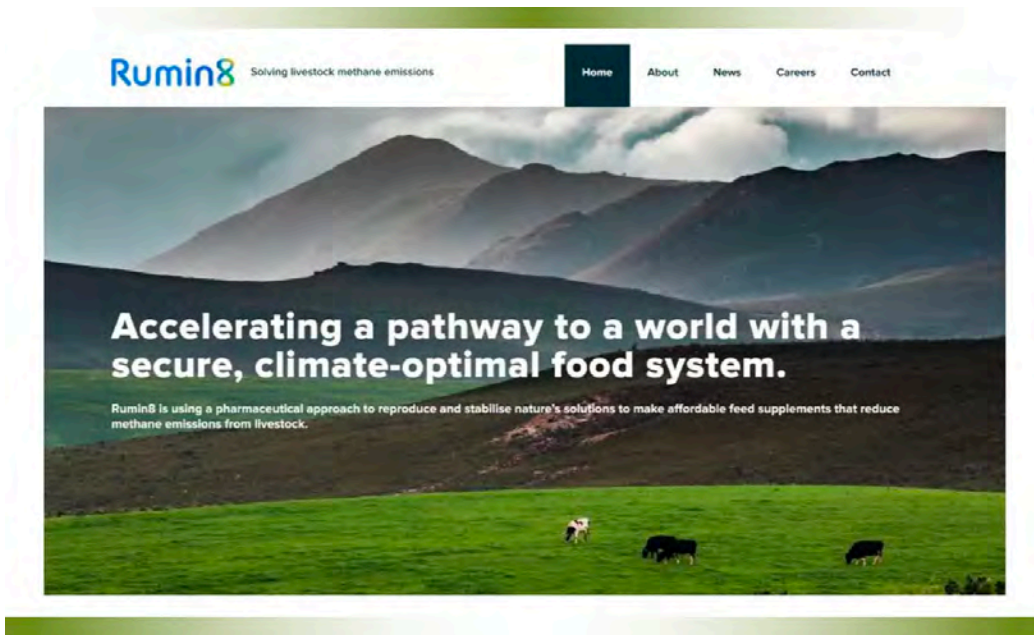


Ref⁶: [BigVaca - Aplicaciones en Google Play](#)



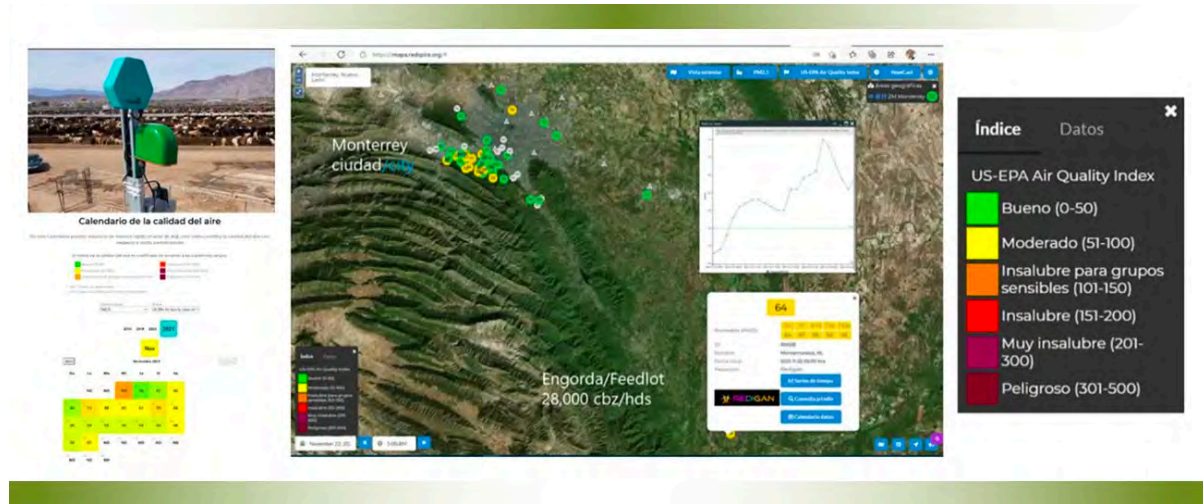
Acción por el clima. La correlación de impacto ambiental versus el internet de las cosas que liga la carga animal de cabezas de ganado y su impacto en la huella de carbono, permite monitorear las acciones alineadas al cambio ambiental.

Estrategia RDG/BV: Tecnologías de control de emisiones & metano. Se han realizado integraciones con plataformas de monitoreo ambiental como Redspira, así como alianzas con empresas de nutrición animal que realizan I+D para eliminar 70% al 90% de las emisiones de metano del ganado y la posibilidad de realizar pruebas piloto.



Aplicando Transformación Digital:

- **Design thinking:** ideación/creación PMV, sensores ambientales p/43,000 vacas
- **Competencias digitales:** comprensión tendencias sostenibilidad WEF



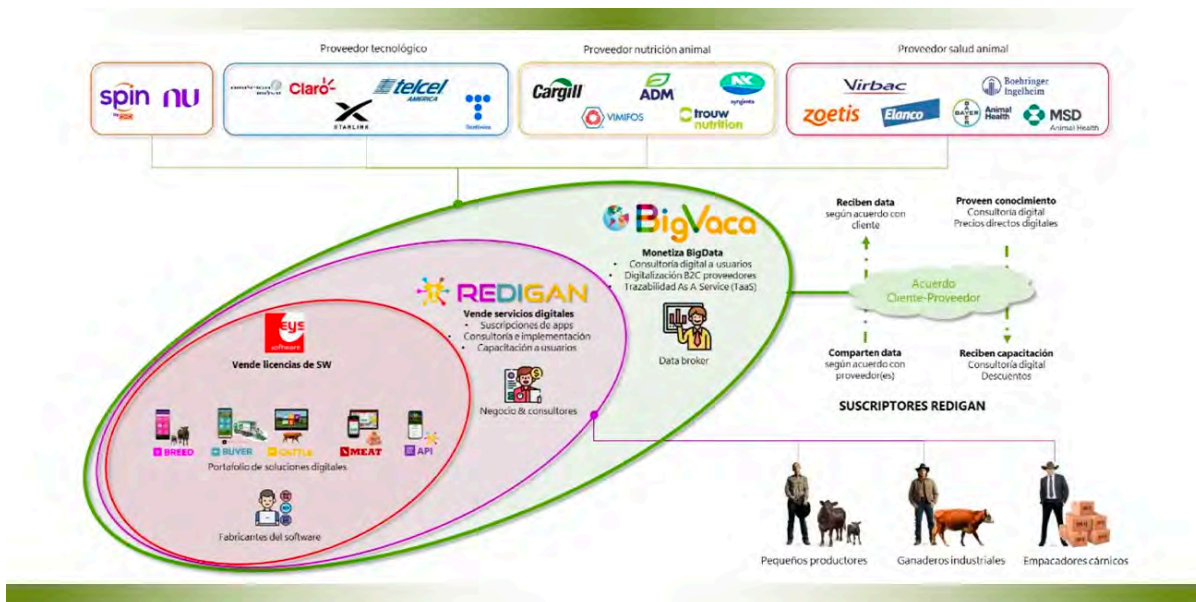
Vida de ecosistemas terrestres. Al controlar el hato de ganado y su movimientos durante el ciclo de desarrollo, se logra un ciclo virtuoso que ayuda al balance ecológico de los campos.

Estrategia RDG/BV: Control de pastoreo regenerativo. La aplicación REDIGAN BREED permite controlar el nacimiento de animales de forma saludable, así como ligar posicionamiento GPS del ganado, para garantizar un ciclo de fertilización natural a base de estiércol, con rotación en praderas al 30% del pasto para una eficaz regeneración del mismo.



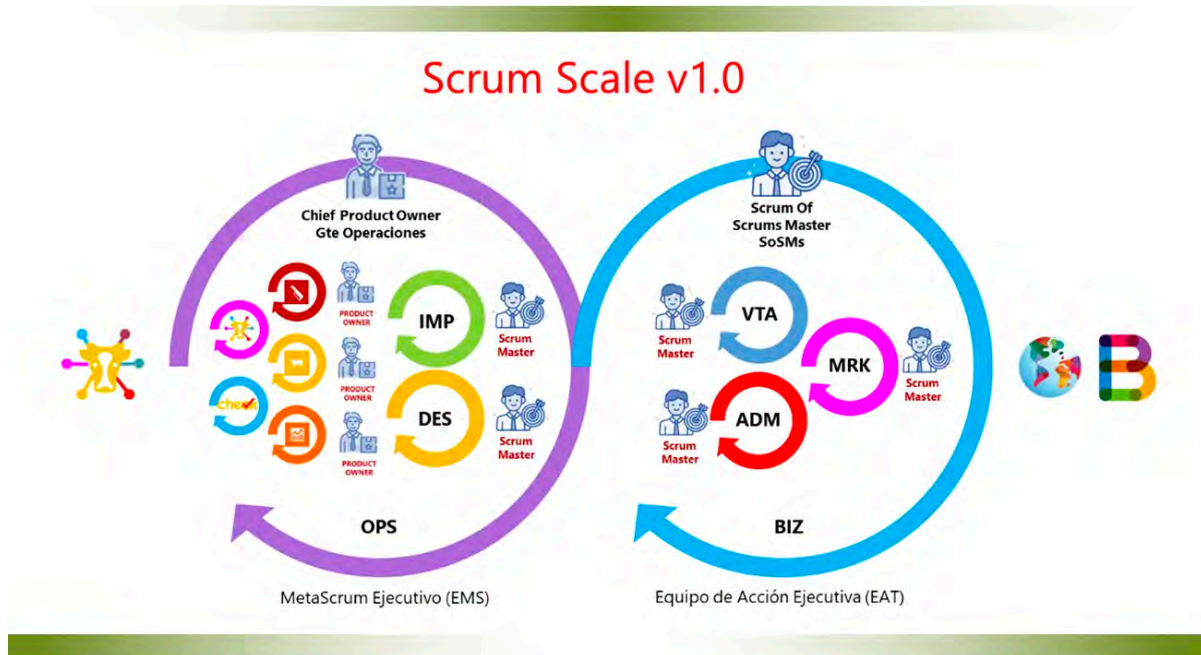
Alianzas para lograr los objetivos de desarrollo sostenible. La creación de redes de colaboración digitales, permitan la interoperabilidad entre las organizaciones, que alambren los indicadores de desempeño de los ODS basados en big data.

Estrategia RDG/BV: BigVaca+REDIGAN plataforma Sustainability-As-A-Service. Las soluciones REDIGAN permiten operar el negocio ganadero & cárnico de forma eficiente, mientras que la plataforma BigVaca construye una cadena digital de suministro B2B2C con insights de mercado cliente-proveedor, además de socializar el bigdata generado para políticas de sostenibilidad del gobierno, basadas en información del campo en tiempo real.



Aplicando Transformación Digital:

- **Metodologías Agile:** reinención modelo de colaboración REDIGAN
- **Liderazgo y gestión del cambio:** cultura para crear spinoff BigVaca, interacción, ecosistema y partners agroalimentarios, organizaciones redárquicas/adaptativas



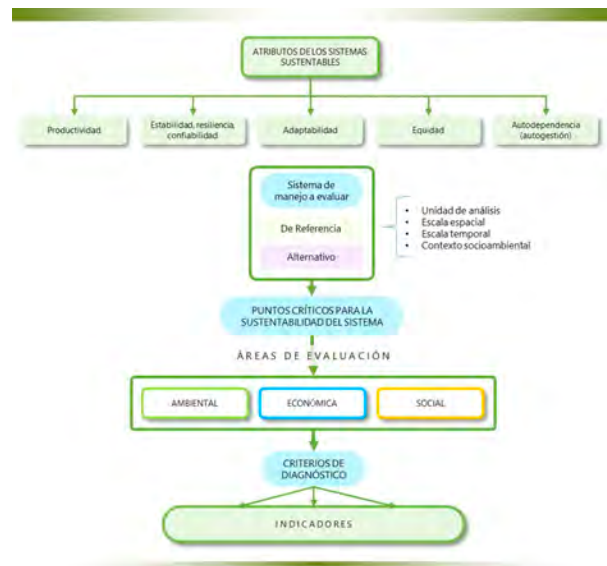
Fuente: imágenes propias.

RESULTADOS ESPERADOS

Para lograr los objetivos de una ganadería sustentable, se elabora un mapeo de las capacidades de **BigVaca** con los tres pilares de la sostenibilidad según el esquema general de MESMIS9, se dividen en: **social**, **económico** y **ambiental**.

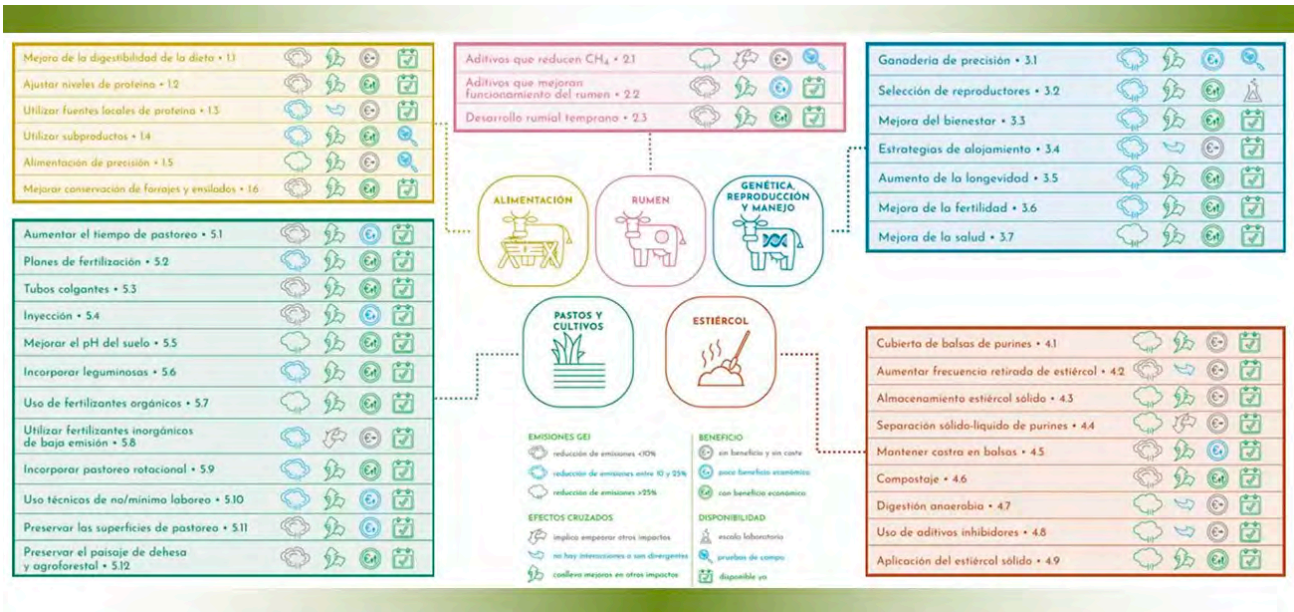
Para una correcta alineación estratégica de la sostenibilidad-as-a-service en BigVaca, se toma como referente de las acciones y políticas de la **estrategia de carbono neutral 2050¹⁰** de España, que registrarán a los mercados internacionales en la cadena de valor de la carne de vacuno.

Este modelo asume un papel proactivo en la reducción de las emisiones y en su sostenibilidad ambiental, promoviendo las actividades de investigación y desarrollo tecnológico para aplicar los resultados a la actividad diaria de sus productores.



Las actividades en esta estrategia son desarrollables en BigVaca con la puesta en marcha de un código de buenas prácticas, promovida en el sector ganadero, que puede ampliarse al resto de la cadena de

valor, con la caracterización socioeconómica y productiva del sector.



Ref⁹: [Sustentabilidad y manejo de recursos: MESMIS](#), Ref¹⁰: [Código de buenas prácticas \(provacuno.es\)](#)

En base al instrumento para calcular los indicadores de sustentabilidad que califiquen la aplicación de las medidas anteriores, se determina la índice de sostenibilidad de BigVaca:

Ver: Anexo 1



Esto permite comprobar el nivel de aplicación de la estrategia de sustentabilidad al 2023, en los

“macroobjetivos” ambiental, social y económico de la propuesta.

Estrategia de Negocio y la Estrategia de Sostenibilidad		
Objetivo de Negocio	Estrategia de Sostenibilidad	Línea de Acción
Implantar indicadores sostenibilidad críticos para el sector ganadero & cárnico en procesos BigVaca 	Monitoreo y Reporte de Prácticas Sostenibles para Clientes BigVaca (Índice de Sostenibilidad por Cliente) Fomento de Prácticas Ganaderas Sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar a los clientes una plataforma para seguimiento de prácticas sostenibles en sus operaciones ganaderas. • Generación de informes sobre sostenibilidad que cumplan normas y estándares del sector
Definir y desarrollar las competencias digitales en clientes, asociados y proveedores 	Desarrollo competencias para implantar prácticas sostenibles en los clientes de BigVaca	<ul style="list-style-type: none"> • Asistir a clientes en la implementación y mejora de prácticas ganaderas sostenibles con análisis de datos. • Promover una cadena de suministro ética y ecológica en el sector ganadero.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO BIGVACA/REDIGAN POR OBJETIVOS

Para validar el avance del proyecto, se establecen indicadores medibles para cada uno de los ODS fijados en esta iniciativa y su correspondiente etapa del cronograma anual.

OBJ	ODS	OBJETIVO	ESTRATEGIA	VALOR	PLAZO	2024	2025	2026	2027	2028	TOTAL
1	1	Fin de la pobreza	Tecnologías sin costo para pequeños ganaderos								
			Lobbying con asociaciones	21 Asociación	Bianual	3		6		12	21
			Piloto México	6000	5 años		400	800	1600	3200	6400
			Medición resultados	Auditoría	Anual			1		1	2
			Refinación del modelo	1 Refinación	Semestral			2	2		4
			Expansión Latam	Países	Anual			1	2	3	6
2	2	Hambre cero	Digitalización de cadena productiva								
			Conexión a REDIGAN	2,325,000	Cabezas de ganado	75,000	150,000	300,000	600,000	1,200,000	2,325,000
3	7	Energía asequible y no contaminante	Balance energético de la capacidad instalada								
			Plantas auto sostenibles	Plantas produc	Anual	1	1	2	2	4	10
4	9	Industria, innovación e infraestructura	Automatización y medición del desempeño		Eficiencia diaria						
			Organizaciones eficientes	98%	Global	90%	92%	94%	96%	98%	98%
5	10	Reducción de las desigualdades	Comercio e inclusión digital		Ganaderos mensual						
			Transacciones ganaderas comerciales digitales	15%	Incremento anual	15%	30%	45%	60%	75%	75%
6	12	Producción y consumo responsable	Balance oferta-demanda/cliente-proveedor								
			Pequeños productores ganaderos	Cabezas ganado	Trazabilidad mensual	25,000	50,000	125,000	250,000	500,000	500,000
			BUYER Acopiadores de ganado	Cabezas ganado	Trazabilidad mensual	150,000	300,000	600,000	1,200,000	2,500,000	2,500,000
			CATTLE Engordadores de ganado	Cabezas ganado	Trazabilidad anual	1,000,000	1,250,000	1,750,000	2,250,000	3,000,000	3,000,000
			MEAT Plantas procesadoras	Cabezas ganado	Trazabilidad anual	250,000	500,000	1,000,000	2,000,000	3,000,000	3,000,000
7	13	Acción por el clima	Tecnologías de control de emisiones & metano	+ 20%	Pilotos anuales						
			Pilotos Redspira - contaminación PM10/PM2.5	Cabezas ganado	Carga animal	150,000	300,000	600,000	1,200,000	2,500,000	2,500,000
			Pilotos Rumin8	Cabezas ganado	Pruebas nutrición		1,000	5,000	50,000	500,000	500,000
8	15	Vida de ecosistemas terrestres	Control de pastoreo regenerativo								
			Pastoreo con rotación controlada de potreros	80%	Cabezas en pastoreo	12,500	25,000	50,000	100,000	250,000	250,000
9	17	Alianzas para objetivos de desarrollo sostenible	BigVaca+REDIGAN plataforma Sustentabilidad-As-A-Service								
			Organizaciones conectadas a BigVaca	10%	Alianzas anuales	10%	20%	30%	40%	50%	50%

PLAN DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO

Público Objetivo

Este proyecto de investigación e implementación digital busca beneficiar a ganaderos en Latinoamérica y Europa, asociaciones ganaderas e industria agroalimentaria para alcanzar sus objetivos de eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad alimentaria.

Mensajes Clave

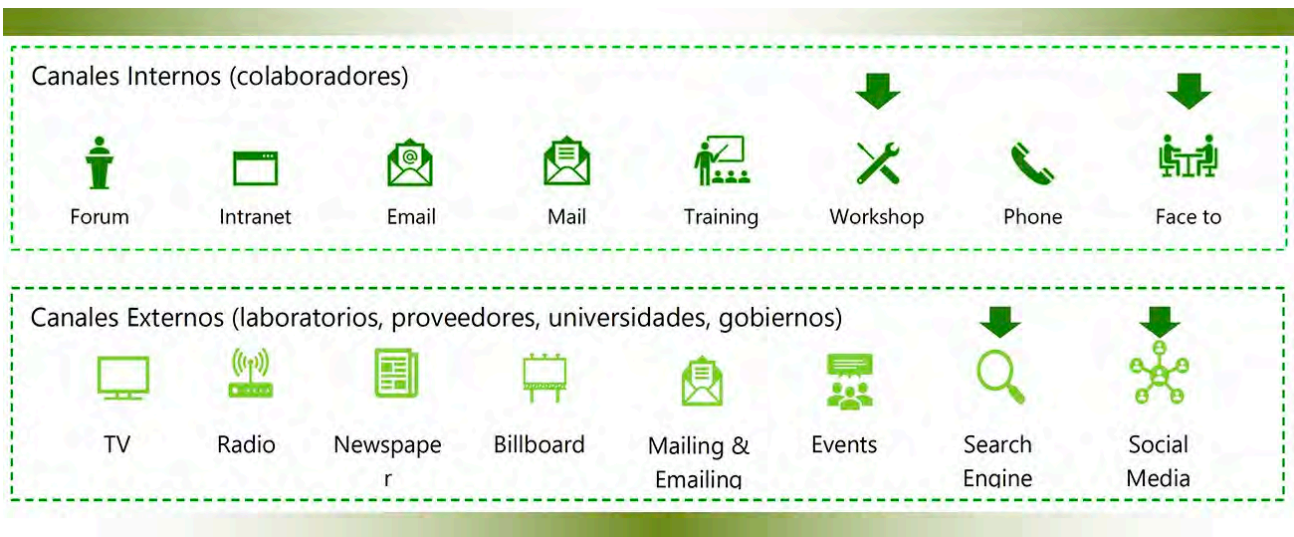
Se han determinado tres mensajes claves que se transmitirán al público objetivo y que se alinean a los objetivos de negocio y a las estrategias de marketing:

- Mixs de Marketing:
“BigVaca transforma digitalmente los negocios pecuarios en Latinoamérica”.
- Clientes y Proveedores (cliente externo):
“Digitalicemos data ganadera para llevar carne a nuestra mesa de forma eficiente, rentable y sustentable”
- Personas (cliente interno):
“Construyamos juntos el mundo agroalimentario digital que nuestros hijos se merecen”

Canales de Difusión

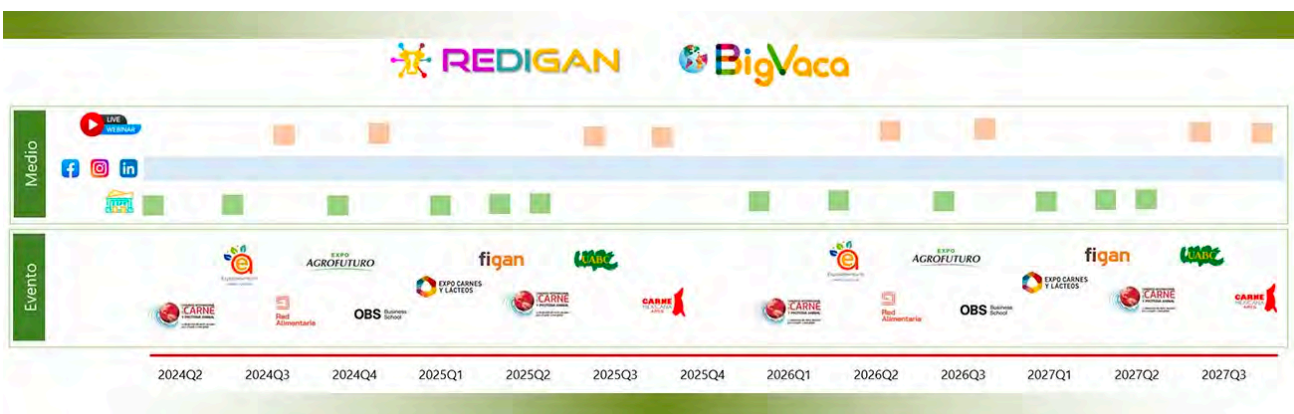
Se prevé la difusión en eventos sectoriales y foros académicos, así como blogs especializados (Ganaderia.com, redalimentaria.com, eysoftware.wordpress.com) y sus redes de sociales en Facebook, Instagram y LinkedIn, además de compartir artículos en gaceta universitaria de UNAM, sitio AgroGlobal y researchgate.net

Para activar las acciones de comunicación, se han definido los siguientes canales:



Cronograma

A continuación se presenta un cronograma con los eventos, medios y fechas de difusión.



Evaluación

Establecer indicadores para monitorear el alcance e impacto de la estrategia en forma periódica.

KPI'S identificados	Target	Seguimiento
1. Número proveedores ganaderos sumados a BigVaca	20	Anual
2. Número ganaderos que valoran la sostenibilidad como diferenciador	500	Semestral
3. Número de ganaderos evangelizados en BigVaca	100	Anual
4. % incremento cabezas de ganado digitalizadas	50%	Semestral
5 Número de visitas únicas mensuales a sección de "Sostenibilidad" del redes sociales y sitio web	300	Trimestral

CONCLUSIONES

Existe un sector de la población que ven a la proteína cárnica y la ganadería como un mal a combatir por sus efectos ambientales y alimenticios, sin embargo la realidad es que la población mundial crece cada día más y necesita alimentarse.

Este proyecto, es una oportunidad para pasar al lado de las soluciones en vez de quedarnos en el problema, para una conversión de toda la industria agroalimentaria que logre un equilibrio soportado sobre tres pilares: **social, económico y ambiental.**

La ganadería es una actividad económica milenaria en el mundo, y es imprescindible apoyar al 8% de la población rural que trabaja todos los días para alimentarnos obteniendo ingresos mínimos a cambio.

Al proponer la democratización tecnológica en los productores, se logra cerrar la brecha digital automáticamente, así como crear una igualdad de oportunidades al conectar con los mercados de consumo responsable y balanceado.

Por eso creo firmemente que la tecnología y las decisiones basadas en información, son la clave para que la actividad ganadera y cárnica evolucione y logre los objetivos ODS desarrollados en este trabajo.

Actualmente la Unión Europea trabaja arduamente para fijar las políticas de sostenibilidad alimentaria,

mientras enfrentan resistencias del sector en vez de colaborar juntos hacia un ecosistema sano y productivo para todos, por lo que es imperativo lograr la inclusión del sector primario en la economía digital, y balancear la ecuación con responsabilidad social, así como integrar la trazabilidad alimentaria para evitar una nueva pandemia por falta de controles sanitarios en la producción.

Espero que esta propuesta de Transformación Digital propuesta con el proyecto BigVaca/REDIGAN, sea una oportunidad para poner en práctica lo aprendido y dejar un mundo mejor para nuestros hijos.

REFERENCIAS & BIBLIOGRAFÍA

A continuación se presenta un listado de algunas referencias utilizadas en este trabajo.

- Ref¹: [REDIGAN Plataforma de procesos ganaderos \(elinternetdelasvacas.com\)](#),
Ref²: [AAMA | LinkedIn](#)
Ref³: [Reducir la pobreza rural | \(fao.org\)](#)
Ref⁴: [ESCRIBANO MSc, Ph.D. MBA \(researchgate.net\)](#)
Ref⁵: [Precios BREED | REDIGAN](#)
Ref⁶: [BigVaca - Aplicaciones en Google Play](#)
Ref⁷: [Rumin8](#)
Ref⁸: [Redspira - Calidad del aire](#)
Ref⁹: [Sustentabilidad y manejo de recursos: Marco evaluación MESMIS \(researchgate.net\)](#)
Ref¹⁰: [Código de buenas prácticas \(provacuno.es\)](#)
Ref¹¹: [MEAT Software para empacadoras y rastros TIF](#)
Ref¹²: [CATTLE Software ganadero para engorda](#)

ANEXO 1.

Para calcular el índice de sostenibilidad definido en "Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas", se marca en verde los elementos del instrumento soportados en BigVaca, determinando su índice de sostenibilidad en 62.06%.

Fuente de Referencia: Sostenibilidad de la producción animal y percepciones del consumidor - BM Editores

Fuente de Referencia: (PDF) Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne (researchgate.net)

Fuente de Referencia: Repositorio cita REA: Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne

INDICE SOSTENIBILIDAD BIGVACA 2023				62.06%
BV	Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	Definiciones y unidades de los indicadores	Peso	Indice BV
PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD			100.00%	87.11%
1	Productividad del ganado	Margen Neto / UGMs2 totales (€ / UGM)	15.24%	15.24%
1	Productividad de la mano de obra	Margen Neto / UTAs3 totales (€ /UTA)	15.07%	15.07%
1	Tasa de rentabilidad	Margen de utilidad	2.90%	2.90%
	Productividad de la tierra	Margen Neto / SAU4 (€ / ha)	12.89%	0.00%
1	Productividad por vaca	Terneros vendidos por vaca y año (destete + cebados)	12.30%	12.30%
1	Valor añadido neto	Valor creado por productos agrícolas tras capital fijo.	11.20%	11.20%
1	Ventas de ganado	Ventas de ganado / SAU (€ / ha)	9.00%	9.00%
1	Otras ventas	Venta estiércol, pieles (€ / ha)	6.90%	6.90%
1	Cebo de terneros	Añejes vendidos por vaca y año (Número de ellos)	14.50%	14.50%
BIENESTAR HUMANO Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE			100.00%	47.50%
1	Continuidad / planes de futuro	Categoría (1-4). 1: Abandono; 2: Reducción rebaño 3: Mantener tamaño 4: Incrementar rebaño	18.30%	18.30%
1	Estabilidad de la mano de obra	UTAs fijas / UTAs asalariadas (%)	17.10%	17.10%
	Contribución al empleo rural	UTAs totales /100 SAU (UTAs)	14.90%	0.00%
	Creación de puestos de trabajo externos	UTAs externas al núcleo familiar (asalariadas) /100 ha (UTAs)	12.70%	0.00%
	Nivel de satisfacción laboral	Escala (1-3). Nivel creciente de satisfacción laboral	11.40%	0.00%
	Distancia a los servicios públicos	Km al municipio de más de 10.000 habitantes más cercano	9.20%	0.00%
1	Interacción social e intercambio de conocimientos	Número de asociaciones ganaderas a las que pertenece	8.20%	8.20%
	Equidad de género	Participación equitativa hombre y mujer en gestión de explotaci	4.30%	0.00%
1	Distancia al matadero	Km al matadero más cercano	3.90%	3.90%
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO			100.00%	72.40%
1	Carga ganadera	UGMs totales / SAU (UGMs / ha)	21.50%	21.50%
1	Manejo del suelo y de los cultivos	Nº de prácticas agrarias de mejora categórica (0-5).	15.70%	15.70%
	Uso de pesticidas y/o fertilizantes minerales	Categoría (0-2). 0: No usa ninguno 1: Usa uno 2: Usa ambos	14.20%	0.00%
	Aptitud mixta y grado de integración	Dicotómica. 0: No hay diferentes especies ganaderas, cultivo y arbolado; 1: Hay tal integración	13.40%	0.00%
1	Uso de antiparasitarios y/o antibióticos preventivos	Dicotómica. 0: No usa antiparasitarios y/o antibióticos de forma preventiva y sistemática; 1: Los usa	12.30%	12.30%
1	Manejo del estiércol	Categoría (0-3): 0: No hay acumulación 1: Reparto inmaduro 2: Amontonamiento temporal 3: Elaboración de composta	8.90%	8.90%
1	Secuestro de carbono	Toneladas de carbono / SAU (toneladas / ha).	7.90%	7.90%
1	Presencia de razas autóctonas	Porcentaje de vacas autóctonas (%)	6.10%	6.10%
AUTOGESTIÓN			100.00%	53.30%
1	Superficie en propiedad	SAU en propiedad / SAU (%)	19.70%	19.70%
	Dependencia de subvenciones	Subvenciones / ingresos totales (%)	19.10%	0.00%
1	Dependencia externa de alimentación	Gastos de alimentación / total de UGMs (€/ UGM)	18.30%	18.30%
	Autogestión de la mano de obra	UTAs familiares / UTAs totales (%)	15.70%	0.00%
	Proporción de área cultivada	Área cultivada / SAU (%)	11.90%	0.00%
1	Dependencia de los servicios y medicamentos veterinarios	Gastos en medicamentos y servicios veterinarios s / UGMs	8.20%	8.20%
1	Otros consumos intermedios	Costes de arrendamiento y de amort. del capital /SAU (€/ ha)	7.10%	7.10%
AGILIDAD EMPRESARIAL Y RIESGO ECONÓMICO			100.00%	50.00%
1	Diversificación empresarial	Número de actividades y de productos agrícolas. Escala	20.01%	20.01%
	Superficie arbolada / SAU	Superficie arbolada / SAU (%)	19.60%	0.00%
1	Dependencia de los ingresos relativos al ganado	Ingresos de las ventas de ganado / ingresos totales (%)	19.10%	19.10%
	Edad del productor	Años	14.90%	0.00%
	Nivel de estudios	1: educación básica, 2: Secundaria/tecnica 3: Universidad	12.80%	0.00%
1	Dependencia de los ingresos de la explotación	Ingresos provenientes de la explotación / ingresos totales del productor (%)	7.60%	7.60%
1	Facilidad para rediseñar la base racial	Número de vacas por toro	3.29%	3.29%
	Accesibilidad	Nivel decreciente de calidad de accesos / caminos. Escala (1-3)	2.70%	0.00%

El valor agregado como aliado de la industria

Imaginemos que nos piden de tarea, reducir a una sola palabra la porcicultura nacional. Inicio el trabajo de esta convocatoria con esta asignatura a jueces, lectores y público en general. ¿Cómo sería posible reducir esta industria en una sola palabra?, ¿Qué palabra podría describir los retos de esta actividad?, ¿Qué término pudiera relacionar los específicos y grandes desafíos en cada parte de nuestra cadena de valor a las bondades de la actividad para concluir y promover con éxito los beneficios de nuestra proteína? ¡Qué complicada tarea les acabo de presentar! Sin embargo, no corre por la sangre de ningún porcicultor mexicano la palabra imposible, y al término de esta redacción espero coincidan conmigo en mi respuesta a la asignatura pendiente.

El punto de partida de lo que propondré a continuación en este trabajo, no es la pregunta que les dejé de tarea, viene de un momento que nos caracteriza a todos los mexicanos: cocinar para tu familia. Como esposa, madre y emprendedora, pero más como mexicana, mi día casi que comienza con la pregunta ¿Qué habrá de comer hoy? Si no es lunes de caldo, la respuesta no es tan sencilla. En México hay más hogares que casas y esa es nuestra identidad nacional que con orgullo portamos. Nuestro punto de reunión es la cocina y es desde ahí donde inicia toda confianza, comunicación, unión y sobre todo el amor que les damos a los demás, a nuestras familias y por ende trasladamos a la sociedad. Por eso el “¿Qué comeremos hoy?” pasa de ser en nuestra cultura una simple pregunta sino un momento clave. La respuesta no es sencilla aun en la diversidad de nuestra gastronomía. La respuesta trae consigo valores, consejos, ánimos, dosis altas de acompañamiento y consejos y hay que darlas con fuerza, con empatía, con amor. Entonces me encuentro, como cada jefe(a) de hogar de este país, con tiempo limitado después de un largo día trabajo y preocupaciones que se acumulan para poder recibir a mi familia y que juntos, en este momento, mantenernos uno, en un mundo con tantas tentaciones de separarnos.

Abro mi despensa y refrigerador y como otro martes cualquiera veo mis opciones. Mi hijo tiene partido de futbol por la tarde, necesita fuerzas y motivación. Mi hija tiene su clase de pintura, necesita creatividad y soltura. Mi pareja ha estado lidiando con presiones y pagos para que no caigan en vencimientos, necesita comprensión al igual que yo para demostrarle a mi jefe que ese día viernes que pedí de mis vacaciones para asistir al festival de mi hijo, no son un lastre para la empresa. Y entonces sé que elegir de cocinar el día de hoy: filete de cerdo.

Por cada 100 gramos de esta proteína le daré a mi familia 26 gr. de proteína en comparación de los 18 que, aunque buenos, son menores los que me ofrece la pechuga de pollo a un mayor precio. El rendimiento de mi kilo de filete de cerdo estará cerca del 94%, en lugar de los 800 gr. a los que se reducirá el kilo de la pechuga en su cocción. La calidad de este corte parece inigualable en su sabor, aunque combina con marinados cítricos, de ciruela o de salsas coloradas, no agregaré más que sal y

pimienta a la plancha y esto será suficiente mientras lo acompañe con unas verduras y arroz para darle a los míos ese tiempo, valores, ese cariño y ese abrazo apapachador para continuar dando todos lo mejor a un bajo precio. Pareciera que elegir la proteína del cerdo como opción número uno en la cocina es un escenario ganar-ganar. Me ahorro unos pesos, nutro a mi familia, probablemente el supermercado lleva un 20% del margen de venta, pero y ¿el productor?, ¿está ganando?

Estas letras no son un oda a la carne de cerdo, son hechos. Hechos respaldados por análisis, concretamente el No. De informe 33909-1-1 de la empresa Bioteccsa S.A. de C.V. en su informe de resultados de análisis sobre unos productos que envíe para su determinación analítica. Los hidratos de carbono, el contenido energético total, las grasas, azúcares, sodio, la proteína, la fibra, todos los parámetros de información nutrimental de los cortes magros del cerdo como el filete, el lomo, la pierna, incluso la chuleta, nos hablan de una proteína de calidad. Una proteína de gran aporte nutricional, a la que tenemos en un precio mucho menor por kilo comparado a otras, con un rendimiento excelente donde cada peso de la familia se hace valer.

La calidad de la carne de cerdo producida en nuestro país, los sistemas de producción con bioseguridad del más alto nivel, el precio en el mercado, su aporte nutricional, ¿no deberían ser suficientes para apoyar un creciente consumo per cápita que poco tenga como influencia el ser un mercado de importaciones, con las disrupciones del flujo comercial internacional? ¿Queremos dejar los resultados del consumo de nuestra valiosa proteína en manos de la ley de la oferta y la demanda? ¿Queremos conformarnos con ser la segunda proteína de consumo en México mientras la brecha de 14 kilos entre el ave y el porcino se amplía? ¿Hasta cuándo la industria podrá seguir cargando el peso de las importaciones que en consumo se estima que solo el 49% son de producción nacional mientras el 51% corresponde a importaciones sin aranceles, sin revisar las medidas sanitarias a las que con orgullo nuestros productores locales se adhieren?

Termina el largo día. Los niños están aseados y dormidos. Tuvieron un gran día en la escuela y en sus actividades extracurriculares. Mi esposo y yo exhaustos vemos las noticias. Nos distraemos un tiempo de las presiones que se avecinan, pronto hay que pagar renta, luz, servicios, colegiaturas, llenar el tanque de gasolina, pagar el seguro médico, sacar la cita en el IMSS para el familiar. Hay que sacar todos estos pendientes asegurando un hogar con armonía, con balance, una buena comunicación. Hay que ir mañana de nuevo a presentarse en el trabajo, a revisar que podemos hacer para un mayor ingreso, un menor gasto, para que todo alcance y por fin poder ahorrar. En el noticiero de las ocho se discuten las nuevas reformas, el tipo de cambio, la presión inflacionaria y la tasa de interés. Reportan nuevos enfrentamientos entre grupos criminales y el saldo que ha dejado la inseguridad. Su reportero va al centro a evidenciar un nuevo esquema de fraude que está en auge entre la población. Hablan de la ayuda humanitaria que se necesita en la franja de Gaza y el conflicto entre Rusia y Ucrania.

Reviso entonces la bolsa de Chicago y veo que el precio del grano y sus variaciones no tendrá un gran impacto y menos uno pronto en el precio del alimento para el cerdo. Leo las estimaciones y proyecciones para nuestra actividad y aunque el augurio sea un poco más positivo que el pasado, no basta para un cambio simbólico. Nos seguirá costando caro operar la porcicultura. Nos refugiamos en la productividad, en los desempeños, en destetar cada vez más cerdos por hembras, en llegar al peso

ideal de los 130 Kg. No sucede de la noche a la mañana, tiene que virar el modelo de negocio. Necesito inversión, tecnología, un Sitio I, II y III con la infraestructura adecuada y las mejores prácticas. Requiere de inversión. ¿Quién institución financiera me ayudará a tasas razonables con los estados de resultados presentados los últimos años?, ¿qué costo financiero podré enviar a la estructura de costos y a qué precio necesitare vender para ver una utilidad? Los factores determinantes que impactan la rentabilidad de la porcicultura suelen ser ajenos a la actividad. Nos encontramos en un mercado globalizado apostando por la escala como gremio, pero individualmente afrontando los retos inherentes que esto trae consigo para compartir los aciertos entre todos.

Entonces para resolver la tarea se me ocurre la palabra “resiliencia” porque describe casi de forma perfecta la actitud de cualquier productor de la industria en las últimas décadas. La resiliencia es la forma que encontramos para adaptarnos a la adversidad, a la amenaza. Es la entereza con la que cuidamos a nuestros animales, el análisis profundo del tamaño del corral, del manejo del animal para garantizar su bienestar. Resiliencia es nuestra fuerza con la que mantenemos nuestras granjas y cuidamos de nuestros animales en situaciones de tensión, en los riesgos sanitarios. Resiliencia describe nuestros procesos productivos y como hemos ido tecnificando nuestra industria. Resiliencia es la postura que hemos mantenido los poricultores mexicanos y nuestros organismos representantes ante la salud, la productividad, la nutrición, la reproducción y genética, el manejo, el bienestar y la bioseguridad. Ha sido nuestra forma de supervivencia en los escenarios de las últimas décadas, desde y donde los pequeños poricultores hasta aquellos integrados hemos llevado sin titubear las mejores prácticas al canal con la ganancia, conversión y calidad que merece el mercado nacional e internacional. Si bien hemos sido, somos y nos mantendremos en constante adaptación, resiliencia no termina de expresar la proteína del cerdo como aliado en la nutrición y enemigo del hambre y en ello hay una gran oportunidad para balancear las condiciones del mercado a nuestro favor pasando de ser víctimas de sus condiciones a personajes protagonistas.

La cadena de valor de nuestra industria está compuesta por dos eslabones principales: La producción primaria y el procesamiento industrial. Esta cadena se caracteriza por la dispersión geográfica, la diversidad de perfiles empresariales en la etapa productiva y distintos agentes que intervienen en su comercialización. En el primer nivel de nuestra cadena estamos los productores. Este nivel enfrenta grandes y particulares desafíos. Requiere de una mayor inversión en infraestructura, modernización de sus procesos, mano de obra especializada. Se enfrenta a altos costos de producción, a amenazas en sanidad y bioseguridad, están sujetos a los precios de mercado y por ende su rentabilidad la condiciona el volumen, su productividad lograda y el costo financiero de la inversión en sus activos. Al término de esta trabajo, al día 17 de junio del 2024, el precio del cerdo en pie en promedio nacional oscilaba en los \$38.94 y aunque se ve un alza, la variación realmente se traslada a centavos impactando de forma positiva más mínima a los desafíos mencionados. No hablemos de la variación del precio que existe entre los distintos estados productores, donde Sonora y Jalisco, a pesar de mantenerse en volúmenes altos de producción pugnan con los precios más bajos del país donde el consumo per cápita llega a los 5 Kg/hab al año mientras en Yucatán y otros centros de consumo como lo es el centro del país llegan a los 22 kilos. En este nivel de la cadena que abarca la producción primaria el modelo de negocio de la porcicultura se encuentra en tiempos disruptivos. La tecnificación de los sistemas de producción ha traído cambios del mundo globalizado a un mayor ritmo del que el productor promedio puede mantener. La curva de innovación en nuestra actividad llego para muchos, antes de lo esperado y los

Sitios I, II y III tendrán que estar a la altura de la nueva tecnología. No cruzar la brecha de la innovación será augurio de quedarse fuera dejando la producción del cerdo en manos de solo unos cuantos. Subirse a los nuevos modelos de producción no se limita a tomar una decisión, se requieren esfuerzos económicos gigantes que pocos pueden solventar teniendo márgenes de centavos o pesos por kilo que propone el mercado con sus niveles de importación. En un segundo escalón de nuestra cadena, mientras nos movemos en dirección del procesamiento industrial, se encuentran acopiadores y rastros que operan en el intento de disminuir los costos y aumentar la eficiencia en la transportación y almacenamiento de alimentos frescos y congelados y es un gran reto para el sistema porcino mexicano. Se topan con mayores costos de producción por kilo derivado de los altos costos energéticos, mano de obra, certificaciones de calidad y la competitividad de la distribución en los mercados de abasto. Aun así, la teoría nos habla que entre más cerca nos encontramos del fin de la cadena, a mayores márgenes podemos aspirar. Al mismo día de cierre, 17 de junio del 2024, el promedio nacional en canal llega a los \$53.00 pesos por kilo según el SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). El consumidor final siempre debe verse como el último eslabón y mientras el precio de algunos cortes como el lomo en \$129, la chuleta en \$78, la pierna en \$85, el filete en \$129 pueden considerarse competitivos en comparación a otras proteínas, la realidad es que nuestra cadena opera con amplios márgenes entre el precio de venta de un eslabón a otro y los productores mexicanos sufren una baja representación de lo que son y el producto que ofrecen en la perspectiva del consumidor final. El ama de casa, el jefe de hogar y otros consumidores finales, van creciendo en la tendencia de adquirir la carne de cerdo en supermercados o tiendas de autoservicio, clubs de precio, ya que cuentan con medidas de trazabilidad, más seguras y fiables desde perspectiva. Son estos centros de consumo los que gozan el mayor margen de utilidad sobre el precio de venta que llega a ser del 30%. Sin embargo, el producto final llega en su mayoría a estos establecimientos de compra sin marca, sin identidad, sin información, a competir por atributos genéricos contra otra proteínas que no son una fiel representación de los esfuerzos de los productores ni de las bondades nutricionales de la proteína del cerdo. Rara vez el consumidor elegirá el filete de cerdo como opción para su familia por sus bondades nutricionales, rendimiento y precio sobre otras opciones, a menos que al igual que tú y yo, seamos parte activa de esta cadena de valor.



Frente a un panorama incierto, la promesa de mejores condiciones para la industria continúa siendo difícil de anticipar. Los cambios a través del tiempo en el mercado y en los modelos de negocio son una premisa. Debemos mantenernos siempre un pie por delante de ellos porque, aunque el volumen de producción sea mayor ello ha significado también menos colegas en la industria. La porcicultura no pierde, perdemos colegas, clientes, proveedores e importantes participantes del gremio ante los desafíos. Si bien la producción porcina tiene sus retos importantes, como actividad nos trasciende a todos y continuará haciéndolo. El mayor cambio en las últimas décadas en la porcicultura ha sido el modelo económico, nuestro negocio era producir. En la actualidad la integración al área comercial es inalienable. Ello no significa que el productor deba estar frente a frente con el consumidor final, más sus esfuerzos y resultados deben verse reflejados y valorados en los hogares mexicanos.

El productor es un aliado en la cocina mexicana. 22 Kg/hab no son pocos. En Latinoamérica, México se posiciona como el mayor consumidor. Aun así, hay regiones donde el consumo llega solamente a ser de 5 kilos anuales por habitante a pesar de pertenecer a las regiones de mayor producción. Ante esta situación específica pero también ante el escenario general ¿Qué mecanismos activos estamos impulsando para tomar el protagonismo como la proteína favorita de los hogares?, ¿Qué brechas en la cadena tenemos que recortar para que el margen se distribuya con mayor equidad entre sus participantes?

Frente al panorama y respondiendo a la tarea, la palabra que propongo entonces para describir la porcicultura de nuestro país, que respete los retos enfrentados y los porvenir, que al mismo tiempo represente los atributos de nuestra proteína es valor.

Valor es una virtud que enmarca la aptitud de las cosas para proporcionar bienestar. La existencia de valor es intrínseco en nuestra industria. Se requiere de él para permanecer en la actividad, para continuar invirtiendo en ella. Se necesita de valor para tecnificar los procesos, para garantizar bienestar a nuestros animales. Llevamos valor al mercado ofreciendo una proteína de alta calidad nutricional. Se demanda valor para solventar el costo de producción. A la porcicultura mexicana, a los porcicultores mexicanos nos sobra valor y entonces ¿por qué nos falta?

Aquel martes que preferí el filete de cerdo para mi familia como la mejor opción, la diferencia entre mi elección y la de otros jefe(a)s de hogar que prefirieron otra proteína fue mi propio conocimiento. Ahí está el valor. Pero ¿de qué vale si no se comparte? Si el conocimiento se limita a los miembros de la industria entonces ¿qué estamos ofreciendo en términos reales al mercado?

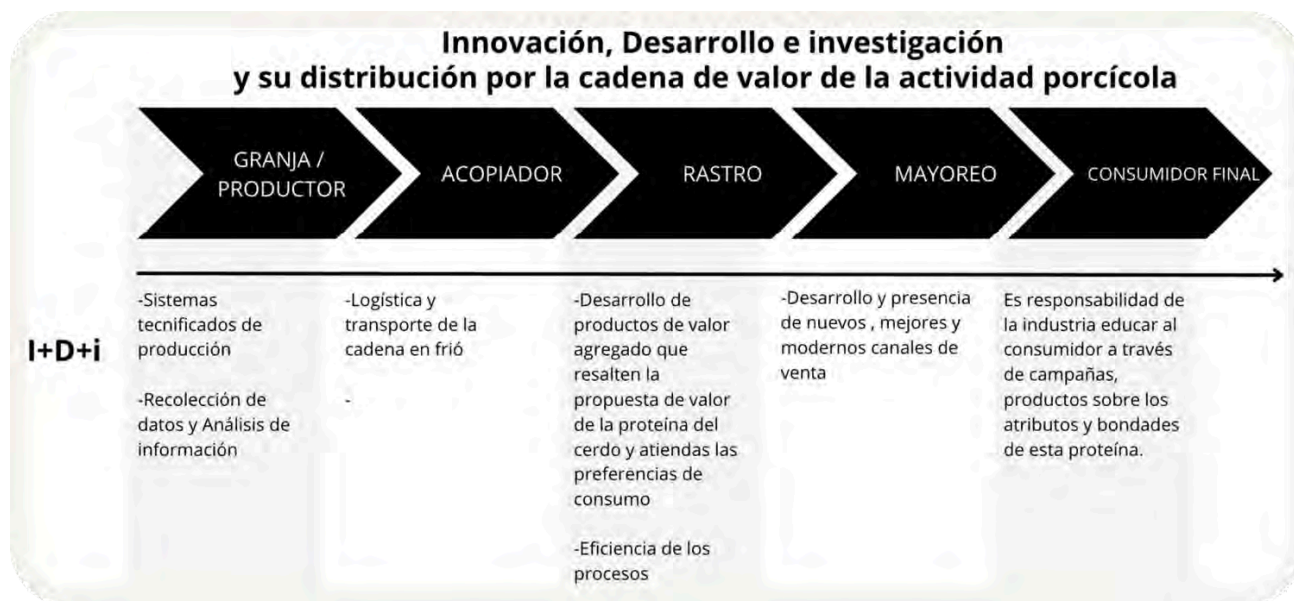
Valor agregado en la proteína del cerdo

Los productos de cerdo que vemos en mercados, supermercados, establecimientos de autoservicio o clubs de precio, carecen de valor, por lo menos ante la perspectiva de los consumidores y de sus hábitos de consumo. El cerdo se ofrece en estos centros de consumo como productos ultra procesados como el jamón, el tocino, las salchichas y embutidos y alimentos preparados como carnitas, cochinita, pozole, chilorio, carnes ahumadas y marinadas, que bajo el nueva ley de etiquetado resalta excesos de grasas saturadas, azúcares y sodio. Sus cortes principales, magros y de calidad nutricional como el lomo, el filete, el diezmillo, la chuleta, la pierna, entre otros, llegan a los exhibidores como un commodity adicional, carentes de presentación y aún más importante sin resaltar los atributos funcionales que ofrece nuestra proteína.



Los hábitos de consumo cambian y a raíz de la pandemia hemos visto como se aceleran estos cambios hacia tendencias más consientes en salud y practicidad. La hora de comida es una importante tradición en el mexicano, pero el momento de consumo de esta tradición cada vez se acorta más promediando en la actualidad 34 minutos. Atrás están los tiempos donde el ama de casa preparaba con tiempo el menú de su hogar. La figura de la mujer y madre de hogar se mantiene todavía al frente de esta responsabilidad. Sin embargo en 7 de cada 10 hogares mexicanos las mujeres participan en la fuerza laboral por lo que la conveniencia a la hora de la cocina compite como el primer atributo de un producto para pasar del anaquel a la mesa de las familia mexicanas.

El mercado de la carne de cerdo esta segmentado por forma de producto: Fresco, congelado y conservado. Su distribución en los distintos canales de venta depende de la presentación con la que se ofrezcan a estos. En esta idea reside una gran oportunidad para la industria porcina mexicana de fomentar el desarrollo de productos de cerdo que lleve a incrementar la presencia de sus cortes principales en supermercados, tiendas de conveniencia, tiendas especializadas y la venta minorista tanto en línea como otros canales modernos de distribución. La balanza en la innovación, tecnología y desarrollo no puede estar concentrada solamente en el primer eslabón de nuestra cadena de valor, sino permear hasta el final para entonces si trasladar los esfuerzos productivos al consumidor final.



Las tendencia del mercado y hábitos de consumo son claras. El consumidor busca alimentos funcionales, convenientes, porcionados, bajos en grasa y altos en proteína. En regiones como Australia, Japón, Estados Unidos hay un creciente consumo per cápita de carne de cerdo, que sobresale y se separa de las condiciones de oferta y demanda, al encontrar en supermercados líneas de productos de cerdo que coinciden con las necesidades del consumidor. Aunque cierto es que los mercados más grandes como el de Asia-Pacífico, Europa podrán añadirse de manera más rápida a las tendencias en comparación a otros como América latina que tardan más en penetrar debido a sus usos y costumbres, la realidad es que vamos virando hacia allá y no debemos permitir que cuando el mercado los demande sean productos de importación los que llenen el exhibidor o anaquel. No debemos caer en la mayoría tardía o los rezagados en la curva de innovación que el mercado esta experimentando.

La innovación también es un proceso. Uno que debemos adoptar como filosofía empresarial y como gremio. Debemos aprender a gestionar la innovación para hacerla llegar al consumidor. En la curva de la innovación, al aplicarla al mercado, distinguimos 5 tipos de personajes: los innovadores que son las personas que generan las nuevas ideas creativas, los primeros adoptantes, que son los que cuentan con

la predisposición a probar nuevas ideas, modelos o sistemas, la mayoría temprana, aquellos que adoptan los nuevos cambios, la mayoría tardía, que escépticos al cambio van asumiendo poco a poco la innovación para no caer en la obsolescencia y por último se encuentran los rezagados, quienes se oponen ante cualquier cambio radical hasta que no encuentran otra forma de seguir adelante. Cada personaje en esta curva de innovación tiene sus desafíos. Los innovadores generan ideas, pero carecen de los recursos para implementarlos. Los primeros adoptantes invierten en llevar las ideas a un modelo de negocio, pero su entrada en la participación de mercado puede verse comprometida por actores de la mayoría temprana, que generalmente son empresas consolidadas, con amplios recursos, líderes de mercado, capaces de presentar la innovación y penetrarse de manera más rápida en el mercado gracias a sus canales de venta. La mayoría tardía serán empresas que se suman a la innovación intentando replicar los productos demandados y atentos a compartir lo que resta del mercado. En cuanto a los rezagados serán actores de la industria que poco a poco quedarán en su mayoría fuera de ella.



*Curva de la Innovación Rogers

Aunque diferentes actores con diferentes modelos económicos seamos parte de la cadena de valor, como industria, el entendimiento de la teoría de la innovación debe verse como un esfuerzo en común. La distribución de la innovación a lo largo de la cadena no puede verse de forma aislada puesto que funcionamos como eslabones y el adoptar esta perspectiva donde cada uno de nosotros, desde nuestros encargados de maternidad, de engordas, técnicos, supervisores, médicos veterinarios zootecnistas, personal administrativo de las empresas que conformamos la industria, rastros privados y municipales, minoristas, comerciantes, directores, organismos que nos representan, debemos mantener un frente en común nos permitirá llegar a la meta donde México se posicione como un actor

principal y proactivo en términos de producción y consumo, de exportación para dejar atrás los tiempos donde nos vemos condicionados a la situación del mercado.

El trabajo por hacer es claro: añadir valor

Lo he dicho, lo sostengo y lo respaldo con datos: la mejor proteína animal en términos nutricionales es el cerdo. El cerdo no se reduce a ser carnitas, cochinita, jamón, costillas, ni tocino. Debemos promover y sacar del commodity a los cortes magros como el filete, el lomo, cortes que se llevan a la plancha, al sartén, al horno, al asador que tienen la nobleza de combinar con cualquier tipo de marinado y que nutricionalmente hablando nos aportan más proteína, menos grasa y menos sodio que otras. Esto debe de ser de conocimiento público, esta idea debe adoptarse entre las masas a través de productos que si nos representen. Solo así lograremos una fiel representación de lo que somos dentro de los nuevos hábitos de consumo. Apostar por el desarrollo de productos que comuniquen el bienestar animal, el manejo, la salud, los modelos productivos, la resiliencia de la industria, nuestros esfuerzos por permanecer dentro de ella, la calidad y nutrición de nuestra proteína. Esto solo lo lograremos unificando al gremio, presentando un frente en común a los consumidores nacionales e internacionales. Tenemos la capacidad instalada para hacerlo posible, contamos con las mentes innovadoras que trabajan en el desarrollo de nuevas ideas. ¿Qué nos falta para pasar de ser víctimas del mercado a operadores proactivos? El cerdo tiene todos los elementos para ser la proteína más consumida en México y en el mundo, nuestra responsabilidad con la industria es llevarlo a esos niveles. Depende del tipo de valor e innovación que decidamos llevar a nuestros procesos que el cerdo sea el aliado de la cocina por excelencia.

Si bien las grandes y consolidadas empresas que liderean esta industria y que están integradas de forma que llevan al consumidor final algunos productos de cerdo de forma exitosa, la penetración de mercado de estos productos en los hogares sigue siendo baja. Una empresa que, aunque integrada en la cadena de valor, tiene su modelo de negocio y económico en una parte del eslabón está condenada a permanecer en la mayoría tardía de la curva de innovación. Debemos apoyar las nuevas voces, a los innovadores, los que generan el desarrollo y las nuevas ideas que necesitamos impulsar al mercado. Solo así podremos vernos como actores protagónicos en los resultados de nuestra industria.

Es la máxima expresión de valor impulsar estas ideas para posicionarnos con mayor fuerza en los indicadores de consumo y así ser paraguas de éxito para cada uno de nosotros que somos parte de la porcicultura mexicana.

FUENTES:

- Departamento de Economía e Inteligencia de Mercados 333, 22 de enero 2024, "México: indicadores del sector porcicultor en 2023" https://www.3tres3.com/es-mx/noticias_empresa/mexico-indicadores-del-sector-porcicultor-en-2023_15385/

- C. Carlos Andrés, Dpto de Economía e Inteligencia de Mercados con datos de México 2010-2020, 9 de marzo del 2023, "Estimaciones para el consumo de carne de cerdo en 2022,2023", https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/estimaciones-para-el-consumo-de-carne-de-cerdo-en-2022-y-2023_14583/
- 2023, Consejo Mexicano de la Carne, "Compendio Estadístico 2023" https://comecarne.org/wp-content/uploads/2023/05/Compendio-Estadistico-2023_COMECARNE.pdf
- Marianna Vargas, 11 de octubre del 2023, "Datos sobre los hábitos alimenticios del mexicano", <https://www.kantar.com/latin-america/inspiracion/consumidor/2023-wp-mx-habitos-alimenticios-del-mexicano-que-no-conocias>
- 2024, Mordon Intelligence, "Análisis de participación y tamaño del mercado de carne de cerdo tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)
- 2023, INEGI, "Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo"

Espesor de grasa dorsal, indicador clave para maximizar la productividad de la cerda

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de la población hacia el consumo de carne magra ha propiciado descenso considerable de las reservas de grasa en cerdas de reposición, ello debido a la presión de selección ejercida para conseguir canales magros¹. Debido a dicha demanda, el monitoreo del espesor de la grasa dorsal (EGD) en las cerdas ha sido cada vez menos utilizado como criterio para determinar el momento del servicio de las cerdas de reemplazo²; ello debido, en parte, a resultados contradictorios que se han reportado sobre la relación del EGD al servicio con la productividad de las cerdas^{3,4}. Al respecto, varias investigaciones indican que el EGD en los actuales genotipos de cerdas no afecta indicadores de productividad (madurez sexual, prolificidad, tasa de crecimiento, peso corporal (PC) y longevidad productiva)^{4,5}, considerando al PC como el indicador de mayor importancia debido a su asociación con tejido magro y aparición de la pubertad⁶.

Una mayor tasa de crecimiento puede acelerar la aparición de la pubertad en las cerdas, lo cual se ha percibido, erróneamente, como área de oportunidad económica con relación a menores costos en el mantenimiento de los animales⁷. Puesto que, este tipo de selección unilateral enfocada solo en características productivas se ha relacionado, entre otras cosas, con la correlación negativa entre magrez-grasa². Al considerar solo el PC de las cerdas para determinar el momento del primer servicio, no se estaría considerando el efecto de la modulación metabólica asociado con la activa participación endocrina que tiene el tejido graso^{8,9}. Además, si no se modula el EGD de las cerdas desde su crecimiento y hasta el servicio, al entrar las cerdas en procesos reproductivos, compensar deficiencias o excesos en las reservas corporales es complicado¹⁰.

Cabe destacar que para indicadores reproductivos de importancia económica (lechones nacidos vivos, lechones destetados y pesos al destete), el EGD de las cerdas al momento del servicio juega un rol primordial debido a su asociación con el metabolismo del animal¹¹. Durante la gestación tardía, el EGD incide en el desarrollo fetal, síntesis de leche y producción de calostro^{3,12}. Un EGD alto preparto provocar distocia y partos prolongados en las cerdas¹³. Durante la lactancia, un EGD alto se correlaciona con reducción en el consumo de alimento y mayor pérdida de peso durante la lactancia^{9,14,15}. Aunado a ello, la pérdida de peso al finalizar la lactancia se asocia con decremento

productivo de la cerda en el subsiguiente parto¹. Por lo tanto, el objetivo fue determinar el efecto del EGD y PC de cerdas nulíparas al servicio sobre su productividad.

MÉTODOS

Animales, dietas y alojamiento

Este experimento se llevó a cabo en un sistema comercial de ciclo completo. Un total de 203 cerdas (Yorkshire x Landrace) fueron monitoreadas desde los ≈75 kg de PC hasta el destete. Desde los ≈75 kg de PC hasta el servicio las cerdas fueron alojadas en corrales grupales. A partir de los ≈90 kg de PC las cerdas fueron estimuladas con verracos maduros una vez al día durante 10 min. Las cerdas fueron servidas con un PC de 146±9.1 kg y mínimo dos estros detectados por el verraco. El EGD promedio de las cerdas al momento del servicio fue de 18±3.2 mm. Con el total de animales que se lograron servir se establecieron dos clasificaciones: 1) de acuerdo con su EGD: bajo (<17 mm); moderado (17-20 mm) y, alto (>20 mm) y, 2) de acuerdo con su PC: bajo (<140 kg), moderado (140-150 kg) y, alto (>150 kg). Las cerdas fueron alimentadas de acuerdo con su etapa productiva desde los ≈75 kg de PC hasta el destete (**Tabla 1**).

Tabla 1.

Composición nutricional de las dietas

Nutrientes calculados	Reemplazo	Gestación	Lactancia
EM, Mcal/kg	3.18	3.12	3.36
Proteína cruda, %	13.17	16.15	18.89
Lisina digestible, %	0.72	0.62	1.12
Treonina digestible, %	0.49	0.48	0.71
Ca total, %	0.47	0.55	0.57
P total, %	0.41	0.50	0.52
P digestible, %	0.18	0.25	0.26

Desde los ≈75 kg de PC que las cerdas fueron alojadas en corrales grupales (15 cerdas/corral) la alimentación fue restringida a ≈2.5 kg/cerda/día (≈8.0 Mcal de EM/día). Durante la gestación las cerdas se alojaron en jaulas individuales y se alimentaron de acuerdo con su puntuación de condición corporal (CC; Tabla 2). La CC se determinó visualmente siguiendo las pautas de Young et al.¹⁵; puntuación de la CC entre 1 y 5 (1=muy delgadas, 3=aceptable y 5=muy gordas). Todos los niveles de alimentación descritos en la **Tabla 2** fueron suministrados en dos porciones/día, 8:00 y 16:00 h.

Tabla 2.

Nivel de alimentación (kg/día) para cerdas durante la gestación de acuerdo con la puntuación de la condición corporal.

Día de gestación	1-4	5-35					36-110		111-parto
Condición corporal		1	2	3	4	5	≥3	≤3	
Alimento suministrado	2.0	2.6	2.4	2.2	2.0	2.0	2.2	2.4	2.0

Durante la lactancia, las cerdas se alojaron en jaulas de acero inoxidable con piso de slat de plástica hasta el destete (21±2 días postparto). En dicha fase la alimentación de las cerdas fue *ad libitum*. El rechazo de alimento se pesó diariamente por la mañana previo suministro del alimento correspondiente. Se registró el total de lechones nacidos, nacidos vivos, nacidos muertos, momificados y peso de los lechones al nacimiento y destete.

De las 203 cerdas que comenzaron la evaluación a partir de los ≈75 kg de PC, 20 (9.8%) fueron descartadas (**Tabla 3**). Las causas principales fueron que no lograron el peso para servicio (≈120 kg), no presentaron estro o su ciclicidad no fue constante. Entre el servicio y el ingreso a la sala de maternidad, 19 (10.3%) cerdas fueron retiradas del experimento (**Tabla 3**). Las principales causas de descarte fueron retorno a estro y aborto. Mientras que, entre el parto y el destete, 11 (6.7%) cerdas fueron retiradas (**Tabla 3**). Las principales causas de descarte de las cerdas en lactancia fueron parto distócico, agalactia y problemas de aplomos.

Tabla 3.

Número de cerdas prepuberes, cerdas gestantes y cerdas lactantes de acuerdo con la clasificación por espesor de grasa dorsal (EGD) y peso corporal (PC) al servicio.

	EGD al servicio, mm			Total
	Bajo, <17	Moderado, 17-20	Alto, >20	
Cerdas prepuberes		203		203
Cerdas servidas		183		183
Cerdas gestantes ^{&}	51	71	42	164
CR gestación-parto	8	4	7	19
Cerdas lactantes ^{&}	47	68	38	153
CR lactancia	5	2	4	11

	PC al servicio, kg			Total
	Bajo, <140	Moderado, 141 a 150	Alto, >150	
Cerdas prepuberes		203		203
Cerdas no servidas		183		183
Cerdas gestantes ^{&}	58	45	61	164
CR gestación-parto	6	4	9	19
Cerdas lactantes ^{&}	57	41	55	153
CR lactancia	3	3	5	11

CR=cerdas retiradas de la evaluación.

[&]Número de cerdas que finalizaron la evaluación en cada etapa productiva y clasificación.

Mediciones

Se determinó el PC de las cerdas y su EGD al momento del servicio, el día 85 de gestación, al ingresar a la sala de partos (entre los días 111 y 113 de gestación) y al destete. El EGD se midió en la posición P2 en ambos lados de la columna vertebral mediante un equipo de ultrasonido (Renco Lean Meter, Québec, Canadá). Los valores de las dos mediciones se promediaron para obtener una única medición del EGD. El pesaje de las cerdas se realizó con una báscula electrónica fija (STG-1500-T1500SL, OCONY®). El peso de las cerdas posparto se estimó de acuerdo con Mallmann et al.¹⁶. Los lechones se pasaron al nacimiento y al destete con una báscula digital (Dibatec®; 0.005 – 40 kg).

Se tomaron muestras sanguíneas prepancálicas de 25 cerdas/clasificación, los días 85 y 100 de gestación y los días 0, 3, 7, 14 y 21 de lactancia. Se determinó la concentración plasmática de glucosa, insulina y leptina. La determinación de glucosa se realizó a través de métodos enzimáticos en un Cobas-c111 (Roche®). Las concentraciones de insulina y leptina se determinaron utilizando kits de ELISA comerciales (SIGMA-ALDRICH, St. Luis, MO, EEUU). Se estimó indirectamente resistencia a la insulina (RI) mediante la

siguiente ecuación: $HOMAIR = (\text{glucosa en ayuno, mmol L}^{-1} * \text{insulina en ayuno, } \mu\text{U}^{-1}) / 22.5$

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico SAS 9.4. Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar utilizando PROC MIXED. La cerda fue la unidad experimental de análisis. Las clasificaciones por EGD y PC fueron los principales efectos probados. Se realizó un análisis categórico (PROC FREQ) a las cerdas por grupo de EGD y PC al servicio para determinar la proporción de animales al servicio, parto y destete de acuerdo con la ganancia o pérdida de grasa dorsal (<17, 17 - 20 y >20 mm). Las diferencias entre las medias se determinaron mediante medias de mínimos cuadrados (LsMeans), con $\alpha \leq 0.05$. Los valores se presentan como media de mínimos cuadrados \pm EE.

RESULTADOS

De acuerdo con los cambios en el EGD de las cerdas durante la gestación y la lactancia, se observó que, el 64.7% de las cerdas con EGD bajo al servicio pasaron al rango de EGD moderado al parto (Tabla 4). Las cerdas con EGD moderado y alto se mantuvieron en el mismo rango (Tabla 4). Al destete, el 78.6% de las cerdas con EGD alto al servicio presentaron EGD moderado (Tabla 4). De acuerdo con el PC de las cerdas al servicio, cerdas con <140 kg, presentaron mayor porcentaje (48.3%) de EGD bajo. Cerdas con 140-150 y >150 kg presentaron mayores porcentajes en EGD moderado (Tabla 4).

Tabla 4.

Porcentaje de cerdas en servicio, parto y destete para cada rango de espesor EGD de acuerdo con la clasificación por EGD y PC de las cerdas al servicio.

EGD	Servicio EGD ^{&} , mm			Parto EGD ^{&} , mm			Destete EGD ^{&} , mm		
	<17	17 – 20	>20	<17	17 – 20	>20	<17	17 – 20	>20
<17	100	--	--	35.3	--	--	66.7	--	--
17 – 20	--	100	--	64.7	100	--	33.3	77.5	78.6
>20	--	--	100	--	--	100	--	22.5	21.4
	PC ^{&} , kg			PC ^{&} , kg			PC ^{&} , kg		
	<140	140 – 150	>150	<140	140 – 150	>150	<140	140 – 150	>150
<17	48.3	28.9	16.4	24.3	8.9	--	36.2	20.0	6.6
17 – 20	44.8	39.9	44.3	24.1	20.0	16.4	51.7	73.4	68.9
>20	6.9	31.2	39.3	51.7	71.1	83.6	12.1	6.6	24.5

EGD=Espesor de grasa dorsal; PC=Peso corporal.
[&]Clasificación al momento del servicio de las cerdas.

De acuerdo con la clasificación del EGD al servicio, las cerdas con EGD bajo presentaron mayor ($p < 0.05$) consumo de alimento promedio diario durante la lactancia (Tabla 5). Para la clasificación por PC de las cerdas al servicio, el consumo de alimento promedio diario durante la lactancia no mostro diferencias ($p > 0.05$; **Tabla 5**). El rendimiento de las cerdas en lactancia se vio afectado ($p < 0.001$) tanto por el EGD como por el PC al servicio (**Tabla 5**). La pérdida de peso de las cerdas después del parto fue mayor ($p < 0.05$) en las cerdas con el mayor EGD (38.1 kg) y mayor PC (38.0 kg; Tabla 5). Dicho comportamiento fue igual para la pérdida de grasa dorsal durante la lactancia en la clasificación de las cerdas de acuerdo con su EGD (Tabla 5). No obstante, para la clasificación de las cerdas de acuerdo con su PC al servicio, no se encontró diferencia ($p > 0.05$) para la pérdida de grasa dorsal en lactancia (**Tabla 5**). El número total de lechones nacidos, nacidos vivos, y destetados fue mayor ($p < 0.05$) en las cerdas con EGD moderado (**Tabla 5**). La clasificación por el PC de las cerdas al servicio no afecto ($p > 0.05$) la productividad de las cerdas en lo que concierne a su camada (**Tabla 5**).

Tabla 5.

Efecto del espesor de grasa dorsal (EGD) y peso corporal (PC) de las cerdas al servicio sobre su desempeño productivo en lactancia.

Indicador	EGD al servicio, mm			EEM	p-valor
	Bajo, <17	Moderado, 17-20	Alto, >20		
Consumo de alimento promedio, kg	4.5 ^a	4.1 ^b	3.4 ^c	0.097	<.0001
Peso de la cerda al parto, kg	186.2 ^a	191.4 ^b	193.0 ^b	1.646	0.0030
Peso de la cerda al destete, kg	154.8	157.7	154.9	1.343	0.0995
Pérdida de peso, kg	31.5 ^a	33.6 ^b	38.1 ^c	0.804	<.0001
Grasa dorsal al parto, mm	17.9 ^a	22.2 ^b	23.5 ^c	0.254	<.0001
Grasa dorsal al destete, mm	16.1 ^a	18.9 ^b	18.8 ^b	0.215	<.0001
Pérdida de grasa dorsal, mm	1.8 ^a	3.3 ^b	4.7 ^c	0.041	<.0001
Nacidos totales	12.7 ^a	13.7 ^b	12.4 ^a	0.332	0.0111
Nacidos vivos	11.3 ^a	11.9 ^b	10.9 ^a	0.270	0.0094
Destetados	10.1 ^a	10.6 ^b	10.0 ^a	0.259	0.0127
Peso del lechón al nacimiento	1.2	1.3	1.2	0.367	0.0665
Peso del lechón al destete	6.1 ^a	6.3 ^a	5.6 ^b	0.423	0.0061

Indicador	PC al servicio, kg			EEM	p-valor
	Ligero, <140	Moderado, 140 – 150	Alto >150		
Consumo de alimento promedio, kg	4.3	4.0	4.1	0.114	0.0970
Peso de la cerda al parto, kg	180.2 ^a	190.1 ^b	201.0 ^c	0.695	<.0001
Peso de la cerda al destete, kg	149.1 ^a	156.5 ^b	162.9 ^c	0.897	<.0001
Pérdida de peso, kg	31.1 ^a	33.5 ^b	38.0 ^c	0.739	<.0001
Grasa dorsal al parto, mm	20.9	21.2	21.3	0.343	0.0883
Grasa dorsal al destete, mm	17.9	17.5	17.5	0.418	0.0935
Pérdida de grasa dorsal, mm	3.2	3.6	3.7	0.172	0.1643
Nacidos totales	12.8	13.5	13.0	0.355	0.3201
Nacidos vivos	11.2	11.8	11.3	0.260	0.2627
Destetados	10.0	10.5	10.1	0.270	0.2929
Peso del lechón al nacimiento	1.3	1.3	1.2	0.293	0.260
Peso del lechón al destete	6.0	6.1	6.1	0.405	0.2311

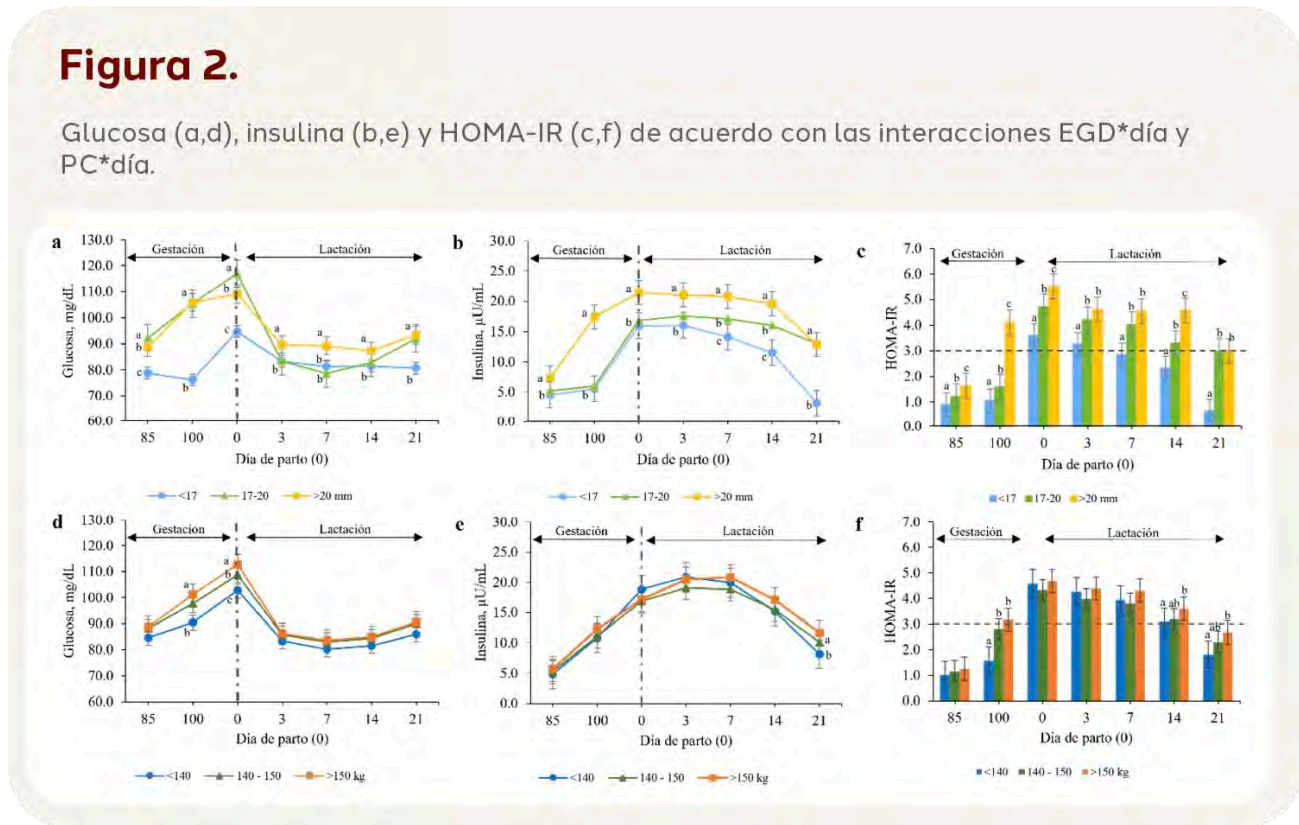
^{a, b, c} Literales diferentes indican diferencia estadística (p<0.05) dentro de fila.

En lo que respecta a la glucemia de acuerdo con la clasificación por EGD al servicio, las cerdas que presentaron los mayores niveles de glucemia promedio durante la lactancia fueron las que tenían EGD moderado y alto (89.3 y 91.6 mg/dL, respectivamente), ello con respecto a las cerdas con EGD bajo (82.8 mg/dL). De acuerdo con las interacciones clasificación EGD*día y clasificación PC*día, los mayores (p<0.05) niveles de glucemia fueron el día del parto para ambas interacciones (Fig. 1a,d). Dentro de la clasificación de las cerdas por PC al servicio, las cerdas con PC ligero fueron las que presentaron los menores niveles de glucemia promedio durante la lactancia (85.4 mg/dL; Fig. 1d).

Para los niveles de insulina, dentro de la clasificación por EGD, las cerdas con EGD alto presentaron los mayores valores ($p < 0.05$) promedio durante la lactancia (18.9 mU/mL) y en cada día de evaluación (Fig. 1c). Para la clasificación de las cerdas por PC al servicio, los valores promedio de insulina durante la lactancia fueron mayores ($p < 0.05$) en las cerdas con PC alto (16.7 mU/mL). De acuerdo con a la interacción clasificación PC*día, dentro de día de lactancia, solo el día 21 de lactancia mostro diferencia ($p < 0.05$) en los niveles de insulina (Fig. 2d). En lo que concierne al índice HOMA-IR, para diagnosticas RI debe de ser ≥ 3.0 , se puede establecer que el EGD determina en mayor medida el desarrollo de RI, siendo las cerdas con EGD alto las mayormente afectadas (Fig. 1c).

Figura 2.

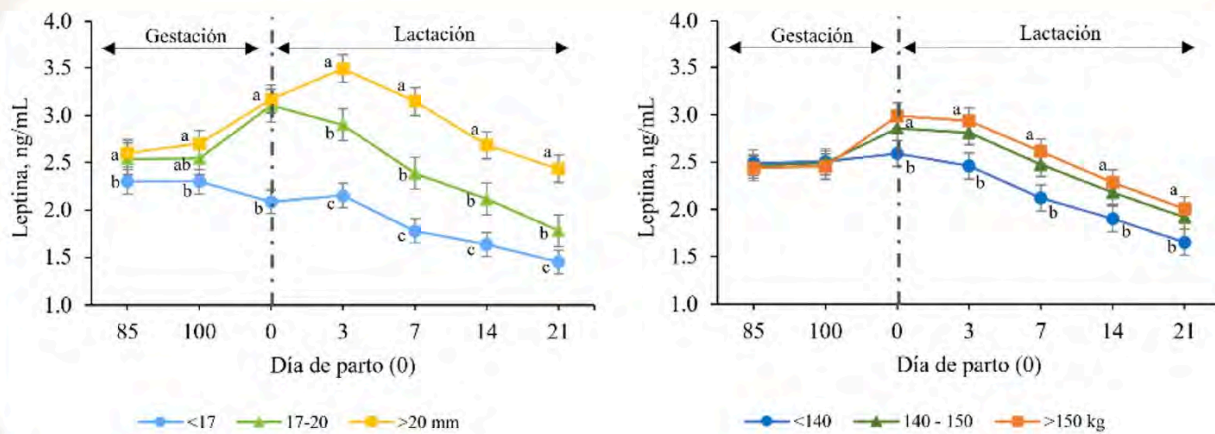
Glucosa (a,d), insulina (b,e) y HOMA-IR (c,f) de acuerdo con las interacciones EGD*día y PC*día.



Para los niveles de leptina de acuerdo con el EGD al servicio, las cerdas con EGD bajo presentaron los menores niveles de leptina promedio durante la lactancia (1.7 ng/mL), ello con respecto a las cerdas con EGD moderado (2.2 ng/mL) y alto (2.8 ng/mL). La interacción clasificación EGD*día, determino que los mayores ($p < 0.05$) niveles de leptina en cada día de evaluación fue para cerdas con EGD alto (Fig. 3a). En la clasificación de las cerdas por PC al servicio, las cerdas con PC ligero presentaron los menores niveles de leptina promedio durante la lactancia (2.0 ng/mL; Fig. 3b).

Figura 2.

Niveles de leptina de acuerdo con las interacciones EGD*día (a) y PC*día (b).



DISCUSIÓN

Monitorear la CC de las cerdas desde la selección de los reemplazos, durante la gestación y la lactancia, es esencial para mejorar el bienestar animal, lograr mayor productividad y garantizar mayor longevidad de las cerdas^{11,17}. Tradicionalmente la CC de las cerdas se ha evaluado con escala de puntuación de 0 a 5^{17,18}, a través de mediciones corporales, pesajes en diferentes etapas productivas o herramientas como lo es el caliper¹⁹. Debido a la capacitación, adquisición de equipos y tiempo requerido, pocas veces la CC de las cerdas es medida, a nivel de granja, con el uso de ultrasonidos, método considerado como el estándar de oro para tal fin¹⁷. Por lo que se requiere demostrar que la inversión en equipo, capacitación y tiempo para el monitoreo de la CC de las cerdas es de utilidad, tanto productivamente como económicamente para la eficiencia de los procesos de producción en granja.

Conciliar las necesidades de los consumidores sobre consumo de carne de cerdo magra y la producción de las granjas modernas es un reto para los productores, puesto que reducir el EGD de los animales para satisfacer dicha demanda ha contribuido en potencializar el "síndrome del segundo parto", síndrome que se caracteriza por intervalo destete-estro prolongado, incremento en el porcentaje de servicios repetidos, menor productividad de las cerdas en el siguiente ciclo productivo y menor longevidad productiva¹. Sin embargo, es posible conciliar magrez de la canal con eficiencia reproductiva. Pero, para ello se deben controlar algunos factores desde la selección del reemplazo como lo son: PC, EGD al servicio y consumo de alimento individualizado.

Para controlar el peso objetivo al servicio (135 a 155 kg) se recomienda mantener a los animales con una tasa de crecimiento desde el nacimiento entre 600-800 g/día⁴. Ello se puede lograr restringiendo el

consumo de energía a 8 Mcal/día a partir de los 75 kg de PC⁴. No obstante, una desventaja que se tiene en la mayoría de los sistemas tradicionales es el control individual de dicho consumo, aspecto que se observó en la presente investigación, debido a que no se cuenta con estaciones de alimentación que racionen el consumo de alimento de manera individualizada²⁰. Ello propicia que la jerarquía en el corral incida en la variación de EGD y PC (Tabla 4), independientemente de que se restringió el consumo de energía a 8 Mcal/cerda/día. Al momento del servicio, el 25.6% de los animales mostraron EGD alto, mientras que el 31% de los animales presentaron EGD bajo. Respecto al PC al servicio, el 37.2% de los animales presentaron >150 kg de PC y el 35.4 % tuvieron <140 kg de PC.

De acuerdo con la clasificación por EGD al servicio (Tablas 4), la ganancia de grasa dorsal durante la gestación propicio que el 64.7% de las cerdas con EGD bajo mostraran EGD moderado al parto, mientras que las cerdas con EGD moderado y alto se mantuvieron dentro del rango del EGD al momento del parto (Tabla 4). Para la industria porcina, es deseable tener cerdas con EGD >17 mm al momento del parto, ello ayuda a sobrellevar el catabolismo durante la lactancia, puesto que se prevé una pérdida en el EGD entre 3 a 4 mm al término de la lactancia¹⁰. Por el contrario, cerdas obesas momento del parto, generalmente, no presentan desempeño óptimo durante la lactancia^{9,21}. Además, este tipo de cerdas tienen menor consumo de alimento en lactancia^{12,18}. Aspecto que también se encontró en la presente investigación (Tabla 5).

En lo que respecta a la grasa dorsal al parto, se observó que, al implementar -durante la gestación- la alimentación basada en la CC de las cerdas, cerdas con EGD >20 mm al servicio incrementaron el EGD al parto (23.6 mm) independientemente de haber ganado menos grasa dorsal con respecto a las cerdas con EGD <20 mm al servicio (Tabla 5). Se ha reportado²² relación positiva entre el EGD y CC, pero esta relación fue baja ($r=0.19$), debido a la variabilidad de ambas variables. Cerdas con CC de 3 mostraron EGD promedio de 13.7 mm y un rango entre 7.5 – 23 mm de EGD, mientras que cerdas con CC de 1 tuvieron EGD promedio de 10.1 mm y rango entre 7.0 – 13.5 mm de EGD.

Respecto al incremento en el PC de las cerdas al parto y su efecto en el consumo de alimento durante la lactancia, no se encontraron diferencias entre las clasificaciones de PC establecidas (Tabla 5). El menor consumo de alimento debido a mayor EGD se ha asociado más a cuestiones metabólicas de la cerda; en las cuales, el tejido graso tiene notable participación en la modulación del metabolismo energético^{21,23}. P.ej., la leptina, hormona secretada por los adipocitos, modula el apetito y el metabolismo⁸. Se ha reportado⁹, correlación entre EGD y leptina de 0.67; dicha asociación se reflejó en la síntesis de leptina y consumo de alimento en lactancia; a menor EGD mayor consumo de alimento. Además, se ha establecido que, el incremento en 10% de peso corporal resulta en un 300% de incremento en los niveles de leptina sérica, lo cual justifica la mayor síntesis de leptina en cerdas con mayor EGD y mayor PC (Fig. 2). También se tienen reportes²⁴ que durante el último tercio de gestación las cerdas desarrollan RI, lo cual es más evidente en las cerdas gordas. Ante la presencia de RI en lactancia, la cerda moviliza reservas corporales que incrementan la concentración de sustratos energéticos (P.ej., colesterol, triglicéridos, leptina) debido a que las cerdas no consumen el alimento requerido para satisfacer sus necesidades nutricionales.

En este estudio, el desempeño productivo de la camada tuvo mejor comportamiento en cerdas con EGD moderado al servicio (Tabla 5). Se ha reportado que, el exceso de grasa dorsal al final de la gestación conduce a trastornos del rendimiento reproductivo: partos distócicos, incremento en mortinatos, agalactia, problemas de aplomos, e incremento en la remoción de las cerdas^{1,23}. Ello indica que un EGD demasiado bajo o demasiado alto afecta la eficiencia reproductiva de las cerdas. Por lo tanto, monitorear el EGD durante todo el ciclo reproductivo de las cerdas es importante para obtener mayor eficiencia reproductiva, puesto que, solo controlando el PC de las cerdas no se garantiza su productividad debido a que las posibles diferencias en eficiencia reproductiva son enmascaradas por el EGD, aspecto observado al clasificar las cerdas por PC al servicio, no se encontraron diferencias en la eficiencia reproductiva de las cerdas (Tabla 5).

De acuerdo con lo antes descrito es crucial controlar el consumo de alimento de las cerdas durante la gestación para reducir la variación del EGD. Debido a que el EGD es afectado principalmente por la nutrición y la genética. Modular la alimentación de las cerdas puede ser una medida que se puede utilizar para controlar el EGD. Puesto que, si se sigue considerando el PC como variable umbral para determinar el momento del servicio de las cerdas, se seguirá incurriendo en los problemas reproductivos y productivos asociados principalmente a los trastornos metabólicos que propicia un déficit o exceso de las reservas corporales de la cerda en las diferentes etapas productivas.

CONSIDERACIONES

- La asociación entre EGD y PC al servicio no representa un comportamiento lineal para sugerir la viabilidad de utilizar el PC como variable umbral en la selección y manejo de los reemplazos.
- Es importante centrarse en el control y modulación de la deposición y remoción de grasa dorsal en las cerdas de acuerdo con el PC antes y después del servicio y durante y después del parto si se quiere obtener una población de cerdas homogénea tanto en EGD como en productividad. Puesto que, se demostró que tanto el consumo de alimento, pérdida de peso, EGD en lactancia y desempeño de la camada son mayormente afectados por el EGD al servicio, ello con respecto al PC.
- Para aportar mayor objetividad a la alimentación de las cerdas, incrementar su productividad y longevidad en granja, la medición del EGD debe ser primordial al momento de decidir el protocolo de alimentación para las cerdas, puesto que, existe asociación directa entre el EGD y el metabolismo energético de las cerdas al momento del servicio, durante la gestación y en la fase de parto y lactancia.

- Los actuales sistemas de producción porcina deben de ir considerando la implementación de tecnologías que ayuden al control individual de los animales como lo son las estaciones de alimentación, ello permitirá un control más preciso de los animales lo cual incidirá en bienestar animal, mayor productividad y longevidad productiva de las cerdas.

Referencias

- 1 Bortolozzo FP, Zanin GP, Ulguim R da R, and Mellagi APG. Managing reproduction in hyperprolific sow herds. *Animals MDPI*; 13:1–18 (2023).
- 2 Knecht D, Srodon Ś, Jankowska-Makosa A, and Duziński K. Appropriate level of gilt fatness and muscularity during insemination can improve the efficiency of piglet production. *Anim Reprod Colegio Brasileiro de Reproducao Animal*; 14:1138–1146 (2017).
- 3 Thongkhuy S, Chuaychu SB, Burarnrak P, Ruangjoy P, Juthamanee P, Nuntapaitoon M, and Tummaruk P. Effect of backfat thickness during late gestation on farrowing duration, piglet birth weight, colostrum yield, milk yield and reproductive performance of sows. *Livest Sci Elsevier B.V.*; 234:103983 (2020).
- 4 Patterson J and Foxcroft G. Gilt management for fertility and longevity. *Animals MDPI AG*; 9:1–15 (2019).
- 5 Kim JS, Yang X, and Baidoo SK. Relationship between body weight of primiparous sows during late gestation and subsequent reproductive efficiency over six parities. *Asian-Australas J Anim Sci Asian-Australasian Association of Animal Production Societies*; 29:768–774 (2016).
- 6 Filha WSA, Bernardi ML, Wentz I, and Bortolozzo FP. Reproductive performance of gilts according to growth rate and backfat thickness at mating. *Anim Reprod Sci* 121:139–144 (2010).
- 7 Knecht D, Środoń S, and Czyż K. Does the degree of fatness and muscularity determined by ultrasound method affect sows' reproductive performance? *Animals MDPI AG*; 10:1–16 (2020).
- 8 Barb CR, Hausman GJ, and Lents CA. Energy metabolism and leptin: Effects on neuroendocrine regulation of reproduction in the gilt and sow. *Reproduction in Domestic Animals* 43:324–330 (2008).
- 9 Cools A, Maes D, Decaluwé R, Buyse J, Kempen TA van, and Janssens GP. Peripartum changes in orexigenic and anorexigenic hormones in relation to back fat thickness and feeding strategy of sows. *Domest Anim Endocrinol* 45:22–27 (2013).
- 10 Young M, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Dritz SS, Goodband RD, and Nelssen JL. Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. *J Anim Sci* 83:255–261 (2005).
- 11 Więcek J, Warda A, Blicharski T, Sońta M, Zalewska A, Rekiel A, and Batorska M. The effect of backfat thickness determined in vivo in breeding gilts on their reproductive performance and longevity. *Anim Sci Pap Rep Institute of Genetics and Animal Biotechnology of the Polish Academy of Sciences*; 41:293–304 (2023).

- 12 Decaluwé R, Maes D, Declerck I, Cools A, Wuyts B, Smet S De, and Janssens GPJ. Changes in back fat thickness during late gestation predict colostrum yield in sows. *Animal* 7:1999–2007 (2013).
- 13 Peltoniemi OAT, Björkman S, and Oliviero C. Parturition effects on reproductive health in the gilt and sow. *Reproduction in Domestic Animals* Blackwell Publishing Ltd; 51:36–47 (2016).
- 14 Mun HS, Ampode KMB, Laguna EB, Chem V, Park HR, Kim YH, Sharifuzzaman M, Hasan MK, and Yang CJ. Backfat thickness at pre-farrowing: Indicators of sow reproductive performance, milk yield, and piglet birth Weight in smart farm-based systems. *Agriculture (Switzerland) Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*; 14:1–13 (2024).
- 15 Young MG, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Dritz SS, Goodband RD, and Nelssen JL. Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance. *J Anim Sci* 82:3058–3070 (2004).
- 16 Mallmann AL, Oliveira GDS, Rampi JZ, Betiolo FB, Fagundes DP, Faccin JEG, Andretta I, Ulguim RDR, Mellagi APG, and Bortolozzo FP. Proposal of equations for predicting post-farrowing sow weight. *Acta Sci Vet Universidade Federal do Rio Grande do Sul*; 46:1–8 (2018).
- 17 Maes DGD, Janssens GPJ, Delputte P, Lammertyn A, and Kruif A De. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: Relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. *Livest Prod Sci* 91:57–67 (2004).
- 18 Young MG, Tokach MD, Aherne FX, Main RG, Dritz SS, Goodband RD, and Nelssen JL. Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance. *J Anim Sci* 82:3058–3070 (2004).
- 19 Li Y, Cui S, Baidoo SK, Lee ;, and Johnston J. Evaluation of Sow Caliper for body condition measurement of gestating sows. *Journal of Swine Health and Production* 29:245–252 (2021).
- 20 Gaillard C, Brossard L, and Dourmad JY. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. *Anim Feed Sci Technol Elsevier B.V.*; 268:114611 (2020).
- 21 Saleri R, Sabbioni A, Cavalli V, and Superchi P. Monitoring blood plasma leptin and lactogenic hormones in pregnant sows. *Animal* Cambridge University Press; 9:629–634 (2015).
- 22 Young MG, Tokach MD, Goodband RD, Nelssen JL, and Dritz SS. The relationship between body condition score and backfat in gestating sows (2001). *Swine Day New Prairie Press*; :5–9 (2001).
- 23 Theil PK, Krogh U, Bruun TS, and Feyera T. Feeding the modern sow to sustain high productivity. *Mol Reprod Dev* John Wiley and Sons Inc; 90:517–532 (2023).
- 24 Mosnier E, Etienne M, Ramaekers P, and Père MC. The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. *Livest Sci* 127:127–136 (2010).

Farmacocinética superior del Hiclato de Doxiciclina en cerdos con una nueva forma farmacéutica administrada en el alimento

Mónica Zermeño-Acosta¹, Lilia Gutiérrez-Olvera^{1*}, Jorge Luna-del Villar, Héctor Sumano-López¹

¹ Departamento de Fisiología y Farmacología, Fac. de Med. Vet y Zoot., UNAM. Ciudad Universitaria 04510, Cd Mx y 2 Departamento de Cirugía, Fac. de Med. Vet y Zoot., UNAM. Ciudad Universitaria 04510 CDMX

Palabras clave: doxiciclina, forma-farmacéutica, biodisponibilidad.

Introducción

Uno de los principales factores de uso de antibacterianos en cerdos son las enfermedades respiratorias, entre las cuales se pueden encontrar una gran diversidad de causas, como bacterias, virus, hongos, etc. El uso de antibacterianos se considera esencial para disminuir la mortalidad cuando se ha diagnosticado que la principal causa es bacteriana, sin embargo con las nuevas normativas que se están imponiendo a nivel mundial para el uso correcto de antibacterianos (Who, 2017), es de gran importancia el diseñar correctamente los fármacos, para que se ajusten a los modelos PK/PD para cada especie, con lo cual se puede aumentar la probabilidad de éxito del tratamiento y disminuir la probabilidad de generación de resistencia antimicrobianas (Vilaró et al., 2020), además del impacto que esto puede tener en bienestar animal y a nivel económico negativo por reducción de la conversión alimenticia, aumento en el número de días para llegar a rastro y por el gasto en medicamentos y decomisos en rastro, (Sumano *et al*, 2023).

El uso de doxiciclina en el alimento en cerdos, para el tratamiento y control de infecciones respiratorias es una práctica común (Sumano *et al*, 2023). La doxiciclina es una de las tetraciclinas de mayor uso vía oral, en cerdos, por su amplio espectro y excelente penetración tisular, incluyendo sistema respiratorio. Es activa contra un elevado número de microorganismos Gram+, Gram-, micoplasmas, clamidias, rickettsias y algunos protozoos. Se le ha adscrito un punto de inflexión (*breakpoint*) de 0.25 µg/mL para microorganismos sensibles; 0.5 µg/mL para los medianamente resistentes y 2 µg/mL para los resistentes (Petrocchi-Rilo et al., 2020). A dosis de 11.8 a 13.3 mg/kg/día (calculadas con base en la relación peso: consumo de alimento), administrada en uno o dos pulsos, las concentraciones de doxiciclina séricas logradas en el estado estable (ss) oscilan entre 0.7 y 1.0 µg/mL. En comparación con

otras especies la biotransformación de doxiciclina en cerdos es muy baja y se concluye que tiene una $T_{1/2\beta}$ (vida media de eliminación) más corta que la reportada en otras especies, 4 h después de la aplicación IV de 10 mg/kg (Riond y Riviere, 1990), no se utiliza por vía intramuscular debido a la necrosis que induce en el sitio de administración. A pesar de todo esto, la administración oral de doxiciclina se hace sin ningún diseño farmacéutico. Apelando a la sugerencia de que se deben desarrollar formulaciones apropiadas y no solamente agregar el principio activo al alimento como un polvo (Riond y Riviere, 1990), se estableció como hipótesis de trabajo y objetivo de este ensayo realizar un diseño de doxiciclina expofeso para cerdos y que resultase en variables farmacocinéticas superiores. Finalmente, una doxiciclina optimizada será más útil para las empresas porcícolas y con ello se le puede dar mayor viabilidad al principio activo como elemento terapéutico. Con este fin se utilizó un sistema de patente UNAM (MX/a/2012/013222) denominados como FOLA (F=biodisponibilidad, O=optima, LA=larga acción), los cuales contienen vehículos que mejoran la biodisponibilidad de los preparados, además de ajustar el proceso de absorción dependiendo del pH de los sitios donde debe absorberse el principio activo.

Objetivo

Evaluar un nuevo preparado farmacéutico de clorhidrato de doxiciclina en pellet para mezclar en el alimento en cerdos, que mejoré la biodisponibilidad (F) y proporcioné un mayor tiempo medio de residencia (MRT), con este fin se va a administrar tipo bolo y ad *libitum* a una dosis de 20 mg/kg de peso corporal y se va a comparar con el producto original de uso en cerdos.

Material y métodos

Se utilizaron 32 cerdos de 30 días de edad, clínicamente sanos, sin medicación previa al momento del estudio, con un peso promedio de 10 kg \pm 1,6 kg, de las áreas de destete dos y tres. Los animales se separaron aleatoriamente en grupos de 8 cerdos cada uno, y para cada corrida se realizó una lista determinando la dosis de fármaco correspondiente al peso de cada cerdo. Se asignó un corral a cada grupo y cada cerdo se identificó numéricamente en el lomo con un marcador de ganado, asignándose un color diferente a cada grupo. El alimento y el agua se administraron ad *libitum* según el manejo del rancho. Se confirmó que el alimento no contenía ningún tipo de antibacteriano, y que los cerdos elegidos no tengan algún tratamiento antibacteriano previo. Para los grupos de dosis tipo bolo cada animal se dosificó individualmente con dosis tipo bolo. En cada caso se contó con un grupo control, el cual correspondió al antibacteriano administrado en alimento o agua, según sea la presentación del producto original (de patente) para uso en cerdos. Posterior a la dosis en bolo forzado, se tomaron muestras de sangre mediante punción yugular con Vacutainer sin anticoagulante en tiempos predeterminados y con asistencia técnica en los siguientes intervalos: hora cero (antes de la medicación) y post administración: 30 min, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 h. Cada muestra se identificó con el grupo, el número de cerdos y el tiempo de muestreo, ningún cerdo fue muestreado más de 5 veces. Inmediatamente la sangre se centrifugó a 3500 rpm durante no más de 10 min para obtener el suero, el cual se recogió con pipetas Pasteur y se depositó en tubos de criopreservación, identificados con la misma leyenda que el tubo de origen, y se congeló a - 20 °C hasta el análisis. El análisis de doxiciclina se realizó mediante la técnica establecida por Axisa et al. (2000). Se construyó una curva estándar para la doxiciclina utilizando muestras de suero combinadas sin antibióticos recolectadas de cerdos

sacrificados y no medicados. El coeficiente de varianza intraensayo fue $<2,0$ y el error entre ensayos fue $<2,2$. El ensayo analítico fue lineal en un rango de concentraciones de $0,1$ a $50 \mu\text{g/ml}$. La recuperación media ± 1 DE fue de $94 \pm 1,8\%$ ($r = 0,96$). El límite de detección fue de $0,07 \mu\text{g/mL}$ y el límite de cuantificación fue de $0,1 \mu\text{g/mL}$.

Para los estudios farmacocinéticos se utilizó el programa PKAnalyst, donde la dosis bolo se ajustó al modelo 3, de dos compartimentos con entrada de primer orden y salida de primer orden ($r \geq 0,99$) y la dosificación ad *libitum* se ajustó al modelo 13 de dos compartimentos con entrada de primer orden y salida de primer orden ($r \geq 0,99$). Los parámetros farmacocinéticos determinados fueron: $K_{1/2ab}$ = constante de semivida de absorción; C_{MAX} = concentración plasmática máxima alcanzada; T_{MAX} = tiempo para alcanzar C_{max} ; AUC = área bajo la curva de concentración plasmática de doxiciclina a lo largo del tiempo; $AUMC$ = área bajo la curva de concentración sérica de doxiciclina tiempo/tiempo; MRT = tiempo medio de residencia; $AUCT$ = área bajo la curva de la concentración plasmática de doxiciclina a lo largo del tiempo por el método trapezoidal. Los datos se presentan como media ± 1 DE de 8 observaciones para cada parámetro y comparaciones estadísticas de C_{max} , T_{max} , AUC , MRT y $T_{1/2\beta}$ entre los grupos. El análisis estadístico incluyó las pruebas de Kruskal-Wallis y Dunn.

Resultados y discusión

En el **cuadro 1** y la **figura 1** se resumen los datos logrados con los dos prototipos (Fad-lib y Fbolo y FCad-lib y FCbolo) y los obtenidos para el grupo control o de referencia (Cbolo y C adlib). En el cuadro se resaltan las diferencias estadísticamente significativas, que incluyen mayores valores de F ($P < 0.05$) y de RT

Cuadro 1.

Resultados de la farmacocinética de doxiciclina vía oral en cerdos de dos prototipos (Fola-bola, Fola-adlibitum, Control-Fola y Control-adlibitum) y lo obtenido con una premezcla comercial de referencia (Cadlib y C bolo)

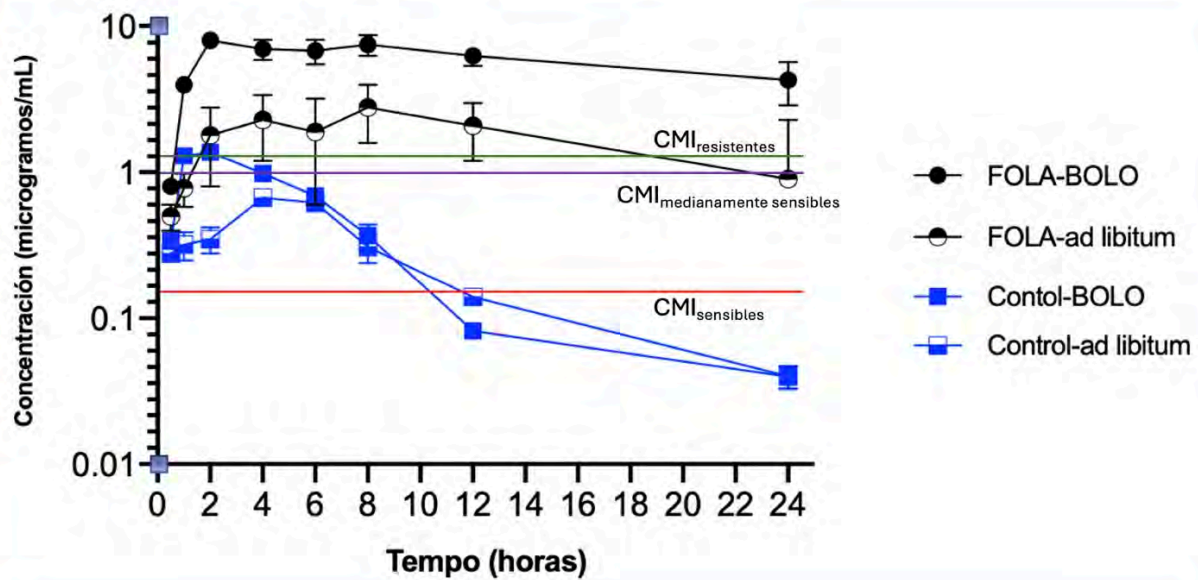
VARIABLE FARMACOCINETICA	GRUPOS			
	Fola-bolo	Fola- adlibitum	Control-bolo	Control- adlibitum
K_{1/2ab} (h)	4.2 ^a	8.3 ^b	1.3 ^c	2.1 ^d
T_{MAX} (h)	6.4 ^b	12.5 ^c	2.1 ^d	3.0 ^e
C_{MAX} (µg/mL)	9.6 ^c	2.5 ^d	1.2 ^e	0.5 ^f
AUC (µg/mL*h)	169.1 ^c	81.1 ^d	6.6 ^e	4.1 ^f
AUMC (µg/mL*h²)	2218.8 ^c	1927.4 ^c	26.9 ^d	25.5 ^d
RT (h)	13.2 ^b	24.8 ^c	4.1 ^d	6.1 ^e
AUC_T (µg/mL*h)	176.4 ^c	71.1 ^d	8.6 ^e	6.3 ^f
F%	2562	1978	-	-

K_{1/2ab} = constante de vida media de absorción; C_{MAX} = concentración plasmática máxima lograda; T_{MAX} = tiempo para lograr C_{max}; AUC= área bajo la curva de concentración plasmática de doxiciclina en el tiempo; AUMC = área bajo la curva de concentración plasmática de doxiciclina en el tiempo/tiempo; RT = Tiempo medio de residencia; AUC_T = área bajo la curva de concentración plasmática de doxiciclina en el tiempo por el método trapezoidal. F= biodisponibilidad calculada vs su control

a, b, c Diferentes literales significan diferencias estadísticas entre columnas (P< 0.05).

Figura 1.

Perfiles plasmáticos de doxiciclina en cerdos posteriores a la administración de 20 mg/kg como: prototipo 1: Fad lib; Fbolo y prototipo 2: FCad lib y FCbolo. Se incluyen los perfiles plasmáticos de doxiciclina tras la administración de una premezcla comercial de referencia: Cad lib y Cbolo. Se presentan los valores de *breakpoint* o CMI de inflexión para *Pasteurella* spp. (Petrocchi-Rilo et al., 2020)



Conclusiones

Los resultados de la presente investigación indican que es factible mejorar las variables farmacocinéticas de la doxiciclina en cerdos, lograr concentraciones notablemente elevadas de doxiciclina en el plasma de cerdos y por lo tanto en tejidos utilizando los prototipos del principio activo diseñados exprofeso. Si se considera que la doxiciclina es un antibacteriano tiempo dependiente, que requiere estar al menos el 60% del intervalo de dosificación al menos 2-4 veces la CMI, las concentraciones que se logran son incluso superiores al denominado *breakpoint* de bacterias resistentes (2 µg/mL) (Petrocchi-Rilo et al., 2020) y dado un valor elevado de tiempo medio de residencia (RT) por un tiempo mucho mayor que la doxiciclina de referencia o premezcla estándar sin diseño farmacéutico. La F comparativa o Fr (bioequivalencia relativa) del mejor prototipo ad libitum (FOLA-adlibitum) contra el referente administrado ad-libitum (Control-adlibitum) fue mayor a 2000%, lo que indudablemente marcará una notable diferencia clínica. Particularmente en casos desafiantes de patógenos con algún grado de resistencia. Es importante destacar que ni los prototipos probados ni el alimento medicado de referencia indujeron ningún cambio en el consumo de alimento ni en la deposición y consistencia de las heces de los cerdos. La forma de administración no implicó modificaciones en los patrones de consumo de alimento medicado ni reacciones visibles de alteración

de los patrones digestivos. Además, queda por realizar ensayos a escala industrial para verificar los datos de compatibilidad con varias dietas y la aceptación por diferentes edades y grupos de cerdos. Asimismo, será fundamental realizar modelos PK/PD para optimizar las dosis de este antibiótico y analizar si las concentraciones alcanzadas impactan en las curas bacteriológicas en brotes de enfermedades bacterianas. Finalmente, de acuerdo con los estándares propuestos por la Agencia Europea de Medicamentos para la liberación modificada de preparaciones farmacéuticas, el valor obtenido para los prototipos fabricados (ARAUC < 1,55) podría considerarse como que conduce a una acumulación no relevante del fármaco (Scheerans *et al.*, 2015). Se necesitan más investigaciones para asegurar el tiempo residual de estas nuevas formulaciones de doxiciclina. Resta realizar ensayos a escala industrial para verificar los datos y analizar si las concentraciones logradas repercuten en curas bacteriológicas amén de clínicas en campo.

Fuente financiadora

Proyectos PAPIIT-UNAM: IT200222

Referencias bibliográficas

Petrocchi-Rilo M, Gutiérrez-Martín CB, Pérez-Fernández E, Vilaró A, Fraile L, Martínez-Martínez S. (2020). Antimicrobial Resistance Genes in Porcine *Pasteurella multocida* Are Not Associated with Its Antimicrobial Susceptibility Pattern. *Antibiotics* (Basel). 9(9): 17. doi: 10.3390/antibiotics9090614

Riond, J.L, Riviere, J.E. (1990) Pharmacokinetics and metabolic inertness of doxycycline in young pigs. *Am J Vet Res.* Aug;51(8):1271-5.

Sumano L, H, Ocampo C, L, Gutiérrez O, L. (2023). *Farmacología Veterinaria 1ª edición* Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8146-7

Vilaró A, Novell E, Enrique-Trancon V, Balielles J, Allué E, Fraile L. (2020). Antimicrobial stewardship for respiratory pathogens in swine. *ANTIBIOTICS* (Basel). 9(11):727. doi:10.3390/antibiotics9110727

WHO 2017. Guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/258970/9789241550130-eng.pdf?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/258970/9789241550130-eng.pdf?sequence=1)

Los básicos para entender el mercado de la carne de cerdo

Mercado mundial

En estos últimos años, tanto la producción, así como el consumo de la carne de cerdo, además de la de bovino y de pollo, se han visto afectados por las secuelas de la pandemia del COVID-19. Es decir, los cambios inducidos por esta pandemia en el consumo de carne, los costos elevados de insumos, las enfermedades animales y las crecientes cargas regulatorias han reconfigurado la producción animal entre los principales productores a nivel mundial.¹

Mercado mundial de carne de cerdo
(Millones de toneladas, equivalente en carne en canal)

Concepto	2022	2023	2024*	Variación anual (%)
Producción	114.6	116.31	116.32	0.01
Exportaciones	11.0	10.1	10.4	3.2
Importaciones	9.8	9.2	9.1	-1.0
Consumo total	113.3	115.5	115.1	-0.3
Inventarios finales (carne)	0.9	0.8	0.8	-8.9
Inventarios/Consumo (%)	0.8	0.7	0.7	

La proyección para este año es que la producción mundial de carne de cerdo se incrementará ligeramente. En este sentido, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) pronosticó una producción mundial de 116.3 millones de toneladas de carne de cerdo equivalente en canal durante 2024.

Nuevamente, los 3 principales países productores de este cárnico son: China, la Unión Europea y Estados Unidos. En conjunto, estas naciones contribuyen con el 77.9% de la producción mundial. Algunos aspectos relevantes sobre la reducción son que, para la producción de China, ésta se ha

ajustado a la baja debido a la débil demanda, la cual desalienta a la producción nacional.²

Para el caso de la Unión Europea, ésta ha crecido muy poco debido a la presión que han generado los cambios regulatorios, además de que también se ha observado una modificación en las preferencias de los consumidores hacia otro tipo de productos alimenticios.³

El tercer productor a nivel mundial es Estados Unidos, en donde se prevé una variación positiva de 3.1% contra la publicada para 2023. Así la producción estaría en 12.7 millones de toneladas. La producción en Estados Unidos prácticamente no ha cambiado, ya que la disminución en la cría de cerdas está compensada por un aumento en la cantidad de lechones por camada.⁴

Con relación al consumo mundial de carne de cerdo, para 2024, se estima que será de 115.1 millones de toneladas. A tasa anual, el decremento en este rubro sería de 0.3%.

El mayor consumidor de carne de cerdo a nivel mundial sigue siendo China. En dicho país asiático se prevé un ligero decremento de 2.7% a tasa anual. Le siguen la Unión Europea y Estados Unidos, en donde se esperarían incrementos de 1.8% y 2.1%, respectivamente.

Las exportaciones mundiales de este cárnico para 2024 se prevén 3.2% mayores que las registradas durante el año previo. El principal exportador será Estados Unidos y se espera que sus cifras aumenten en 6.2%. Sobre este rubro, es importante recalcar que las exportaciones de Estados Unidos se mantienen en niveles similares a los del año anterior ya que los envíos se mantienen hacia muchos mercados principales, como México y Canadá.⁵

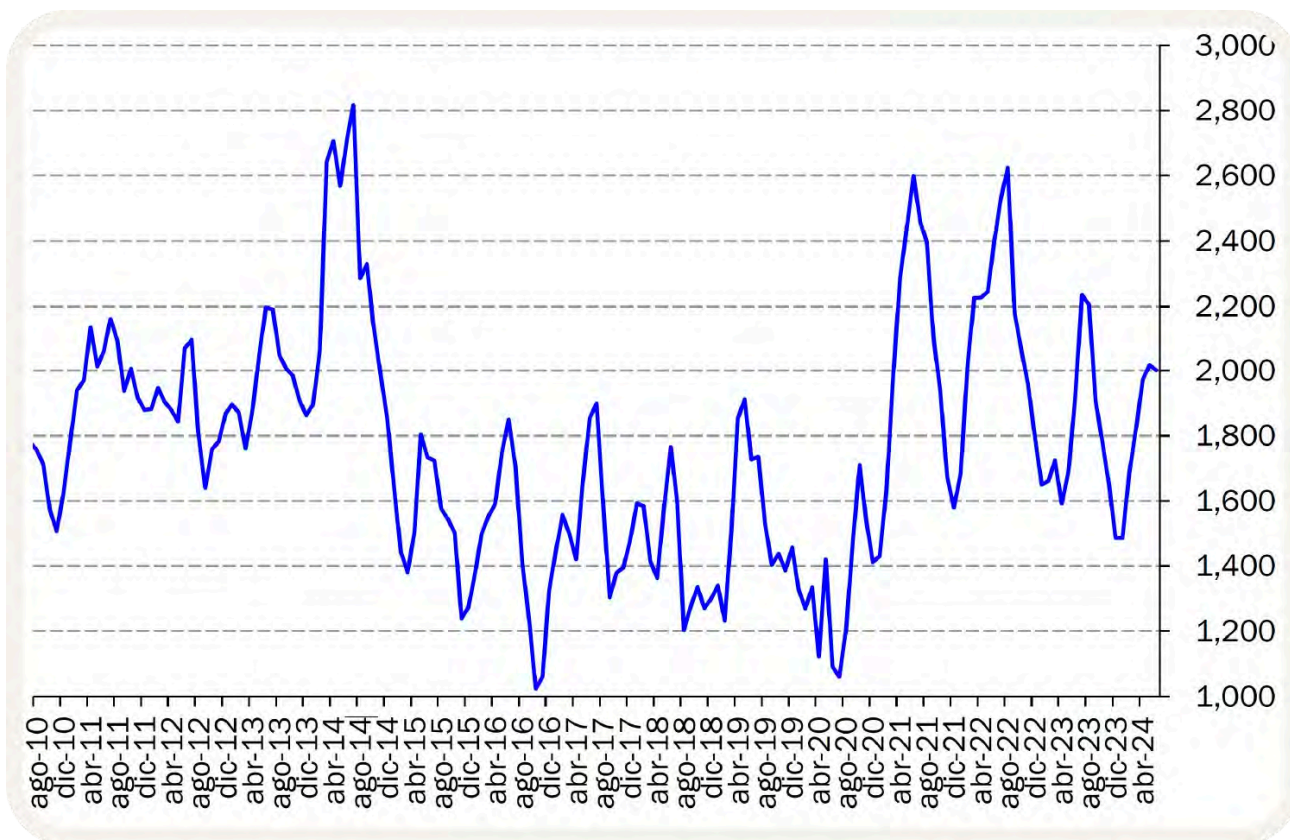
Por otro lado, las importaciones internacionales se reducirán a tasa anual en 1.0%. China, Japón y México son los tres principales países importadores de carne de cerdo a nivel mundial.

Precio internacional

Durante 2023, en el mes de julio, se ubicó el precio promedio mensual más alto, con 2,235.9 dólares por tonelada. Para el cierre del año, es decir en diciembre, la cotización fue de 1,485.9 dólares por tonelada, la cual fue la más baja durante el año anterior. Comparada con el mismo precio del mes homólogo del 2022, se observa una variación negativa de 17.2%.

En específico, de julio a diciembre del año anterior, los precios de la carne de cerdo en Estados Unidos mantuvieron una tendencia a la baja debido a la baja demanda del cárnico en Estados Unidos, además de las abundantes existencias. En últimas fechas se ha visto que los cambios en los gustos y preferencias de los consumidores estadounidenses ha cambiado, esta situación ha generado que la demanda nacional por esta proteína permanezca estancada.⁶

Precio de la carne de cerdo en Estados Unidos
(Dólares por tonelada)



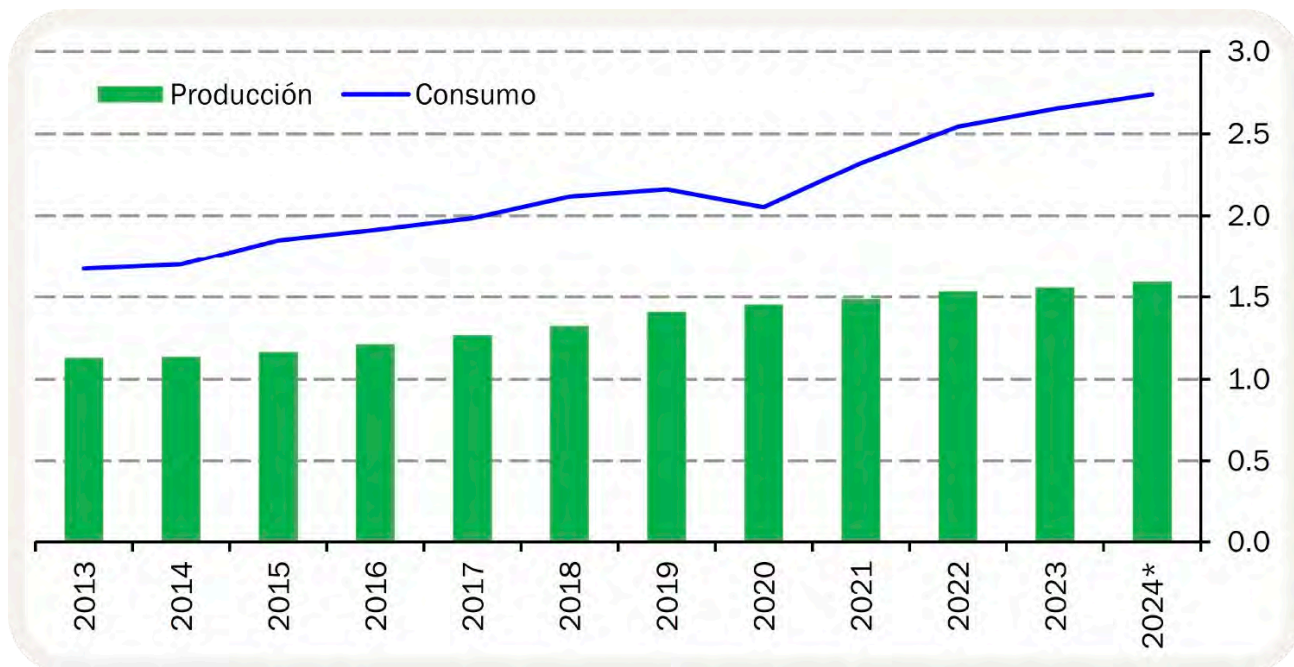
Mercado nacional

Para 2024, es viable que México siga siendo el principal importador de ganado y de productos estadounidenses. Factores como la tendencia de crecimiento económico general de México en los años recientes, el constante aumento en el consumo de carne de cerdo y res, la zona fronteriza que proporciona ventajas logísticas por la cercanía y la infraestructura compartida, y, además del acceso al mercado sin aranceles a través del Acuerdo entre Estados Unidos, México y Canadá (T-MEC) continuarán posicionando a México como uno de los principales socios comerciales en el intercambio de ganado y productos cárnicos con Estados Unidos.⁷

Para 2024, las estimaciones más recientes de USDA sitúan la producción de carne de cerdo en México en 1.6 millones de toneladas. Dicho valor significaría un ligero incremento anual del 2.1% y récord nacional. Esta ligera variación positiva de la producción de carne de cerdo en México se dio debido a que la industria ha tenido menores márgenes de ganancia, lo que desalienta a los productores, además de que se pronostica una disminución en la demanda de exportación.⁸

Por su parte, el consumo nacional durante este año se pronostica en alrededor de 2.7 millones de toneladas, es decir, un incremento anual de 3.3%. Así, para este año, se pronostica que, en México, se consumirá más carne de cerdo a medida que la inflación de precios de los alimentos se mantenga en los niveles actuales.⁹

Producción y consumo de carne de cerdo en México
(Millones de toneladas, equivalente en carne en canal)



La oferta total de carne de porcino en México durante 2024 sería de 3.0 millones de toneladas. Dicha oferta estaría compuesta por la producción nacional (53.0%) e importaciones (47.0%). En comparación con los datos de 2023, la oferta total de este cárnico tendría un ligero incremento de 3.1%.

Las importaciones esperadas durante 2024 serían de 1.4 millones de toneladas, 4.1% arriba contra la cifra reportada en 2023. Asimismo, nuestro país sigue posicionado en el lugar número 3 dentro de los mayores importadores de carne de cerdo en el mundo.

Por otro lado, USDA prevé que la demanda total de la carne de cerdo estará compuesta por la producción nacional y las exportaciones, con una participación de 91.3% y 8.7%, respectivamente.

Oferta y demanda de carne de cerdo en México
(Millones de tonelada)

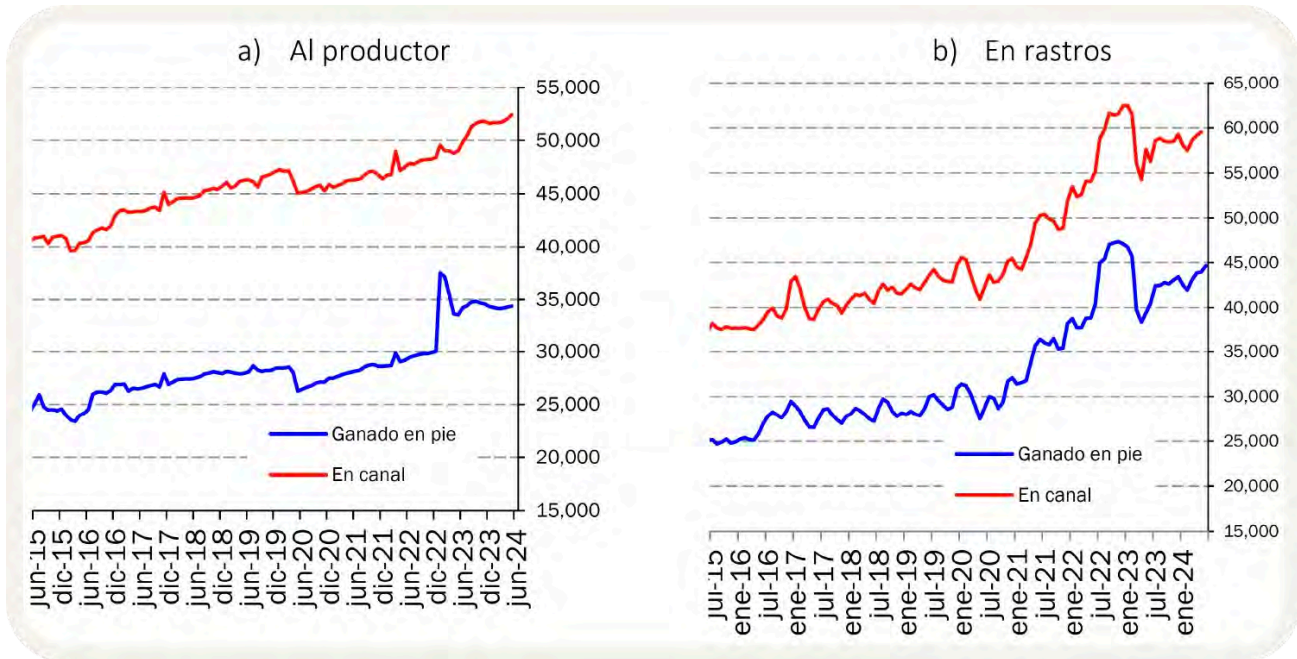


Precios nacionales

El precio al productor del ganado porcino en pie durante 2023 mostró variaciones considerables durante el inicio del año. Durante el primer mes del año se mostró el precio más alto, el cual fue de 37,510 pesos por tonelada. Para el último mes del 2023, la cotización mensual promedio fue de 34,360 pesos por tonelada. Haciendo un comparativo anual de diciembre del año anterior al mismo mes del 2022, el precio se incrementó en 14.4%. De igual manera, para el caso del precio en canal, éste se incrementó en 6.6% a tasa anual.

Para finales del año anterior, se observó una disminución en los precios al productor de cerdos vivos debido a la reducción en las cotizaciones del maíz, uno de los principales insumos. Sin embargo, tanto los productores de cerdos como los de los alimentos para animales reportaron cierto grado de incertidumbre sobre la manera de realizar y gestionar el comercio de maíz por los responsables de los programas públicos en México.¹⁰

Precios de cerdo en pie y de carne de cerdo en México
(Miles de pesos por tonelada)



- ¹ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, October 12, 2023.
- ² Livestock and products Annual: World Markets and Trade. January 12, 2024.
- ³ Livestock and products Annual: World Markets and Trade. January 12, 2024.
- ⁴ Livestock and products Annual: World Markets and Trade. January 12, 2024.
- ⁵ Livestock and products Annual: World Markets and Trade. January 12, 2024.
- ⁶ Weak Demand and Hefty Supplies Continue to Weigh on Hog Markets – December 5, 2023.
<https://bit.ly/3vRvEID>
- ⁷ USDA Mexico, Livestock and Products Annual: August 03, 2023.
- ⁸ USDA Mexico, Livestock and Products Annual: August 03, 2023.
- ⁹ USDA Mexico, Livestock and Products Annual: August 03, 2023.
- ¹⁰ USDA Mexico, Livestock and Products Annual: August 03, 2023.

Respuesta inmune a una nueva vacuna activa apatógena (cepa G16X) contra el VPRRS en hembras y lechones en una granja comercial de ciclo completo

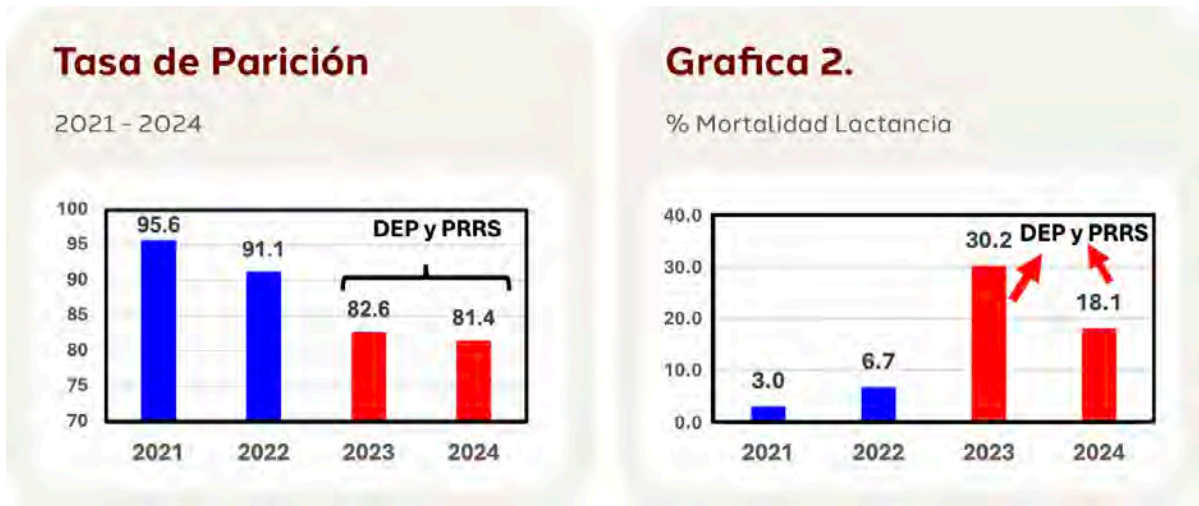
Introducción.

Una granja de ciclo completo de 900 hembras, ubicada al poniente del estado de Jalisco, se infectó por el VPRRS en septiembre del año 2023 presentando un aumento en el número de hembras repetidoras de estro, reduciendo la tasa de parición al 80% (87% 2022), y en el área del destete un incremento en la mortalidad, entre las semanas 7 y 10 de edad llegando hasta un 57%, principalmente por neumonías con complicaciones por agentes etiológicos secundarios de origen bacteriano y viral, afectando gravemente la rentabilidad. Teníamos que detener la mortalidad ya que se tomaría la decisión de cerrar la granja. En el municipio donde se encuentra la granja se cuenta con una población aproximada de 10,000 cerdos los cuales todos se infectaron ya que en la asociación local de poricultores así lo comentaron. La granja en donde se desarrolló este trabajo cuenta con el 90% de la población porcina del municipio y que durante 33 años permaneció negativa de la enfermedad por el VPRRS. El diagnóstico presuntivo y definitivo fueron fundamentales para generar la estrategia correctiva, implementando el uso de una vacuna nueva en el mercado, activa naturalmente apatógena de VPRRS basada en la cepa G16X.

Antecedentes.

Previamente al brote del VPRRS, en la última semana de enero del 2023 se infectó de DEP, y actualmente se tienen casos aislados, al mismo tiempo problemas de Micotoxicosis (Aflatoxina y Fumonisina) corroborado con ELISA, Pruebas de funcionamiento hepático, renal y biometría hemática.

Para poder realizar la vacunación para el control del VPRRS, tuvimos que corroborar que los lechones estuvieran negativos no virémicas en la primera semana de edad, por lo que se realizaron pruebas de PCR de cordones umbilicales de recién nacidos, a la vez se efectuaron pruebas serológicas de ELISA. Los resultados de PCRq fueron negativos, indicativo de que podíamos vacunar a los lechones antes del desafío con el virus de campo ya que en la semana 7 de edad estaban los signos clínicos por la presencia del VPRRS.



En la Grafica 2, se muestra la mortalidad en el año 2022 y el % siendo una granja sana, antes de la infección por el VPRRS, pero en septiembre del año 2023 se infectó por este virus.

Material y Método.

Granja de 900 hembras y su progenie. Previo al inicio de la evaluación se realizaron pruebas diagnósticas para VPRRS en hembras y lechones, incluyendo el diagnóstico (Dx) clínico, a la necropsia y de laboratorio, (histopatológico, ELISA IDEXX y PCRq, mediante pools de sueros y logrando confirmar la presencia del VPRRS. El Dx definitivo fue fundamental para generar la estrategia correctiva, con un programa de vacunación soportado con la vacuna activa naturalmente apatogena del VPRRS, cepa G16X, nueva en el mercado. El 5 de enero del 2024 se vacunó al primer lote de lechones del 3er a 5º día de edad por vía intranasal (IN 2 mL) y el 9 y 10 de enero del mismo año se a todo el pie de cría en sábana IM 2mL, el cual se revacunarà cada 4 meses. Se identificaron 15 hembras y 12 lechones con arete y se les realizó un seguimiento longitudinal cada 2 semanas en lechones y cada 4 semanas en hembras mediante las pruebas de ELISA, PCRq contra el VPRRS, y a muestras positivas pruebas de secuenciación del ORF 5 y cálculo del RFLP in silico.

Resultados y Discusión.

En el cuadro 1, a los 3 días de edad 7 de los 12 lechones aretados fueron negativos con la prueba de ELISA contra VPRRS y 5 lechones resultaron positivos debido a la inmunidad pasiva vía calostro y a la semana 2 y 5 de edad se evidenció que los cerdos vacunados desarrollaron una respuesta inmune post aplicación de la vacuna.

Cuadro 1.

ELISA VPRRS EN LECHONES

Edad	3 días	2 sem	5 sem	7 sem.	9 sem	11 sem	13 sem	15 sem	17 sem	22 sem
Id Arete	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
1	0.626	1.503	2.267	2.925	2.351	2.905	2.459	2.445	2.012	1.636
2	0.378	1.363	2.021	2.786	1.924	2.651	2.511	2.107	0.302	1.476
3	0.543	0.600	2.187	2.796	2.457	1.699	2.064	1.982	2.010	1.912
4	0.273	1.303	1.322	2.440	2.247	2.362	2.055	1.744	1.295	1.499
5	0.370	0.717	1.413	2.633	1.546	1.174	1.439	2.445	2.259	1.887
6	0.200	0.087	1.367	2.236	1.924	2.128	2.480	1.360	1.508	0.766
7	0.451	0.477	1.760	2.477	2.199	2.800	1.934	2.541	1.516	1.823
8	0.115	1.407	1.383	1.767	1.430	2.537	2.554	1.579	1.183	2.554
9	0.060	0.393	1.327	2.039	2.777	3.405	1.890	1.029	1.420	1.213
10	0.333	0.250	0.884	1.727	0.958	2.185	1.739	1.651	0.531	1.245
11	0.939	1.080	2.053	2.756	vacío	1.500	1.762	1.874	1.456	1.561
12	0.936	0.593	0.788	1.343	3.168	1.893	2.027	1.953	1.598	1.741

En el cuadro 2, a la semana 2 y 5 de edad post vacunación se ven los resultados de la prueba de PCRq contra VPRRS detectando la presencia del virus de la vacuna mediante la secuenciación del ORF 5 y calculando el RFLP 1-6-2 (in silico).

Cuadro 2.

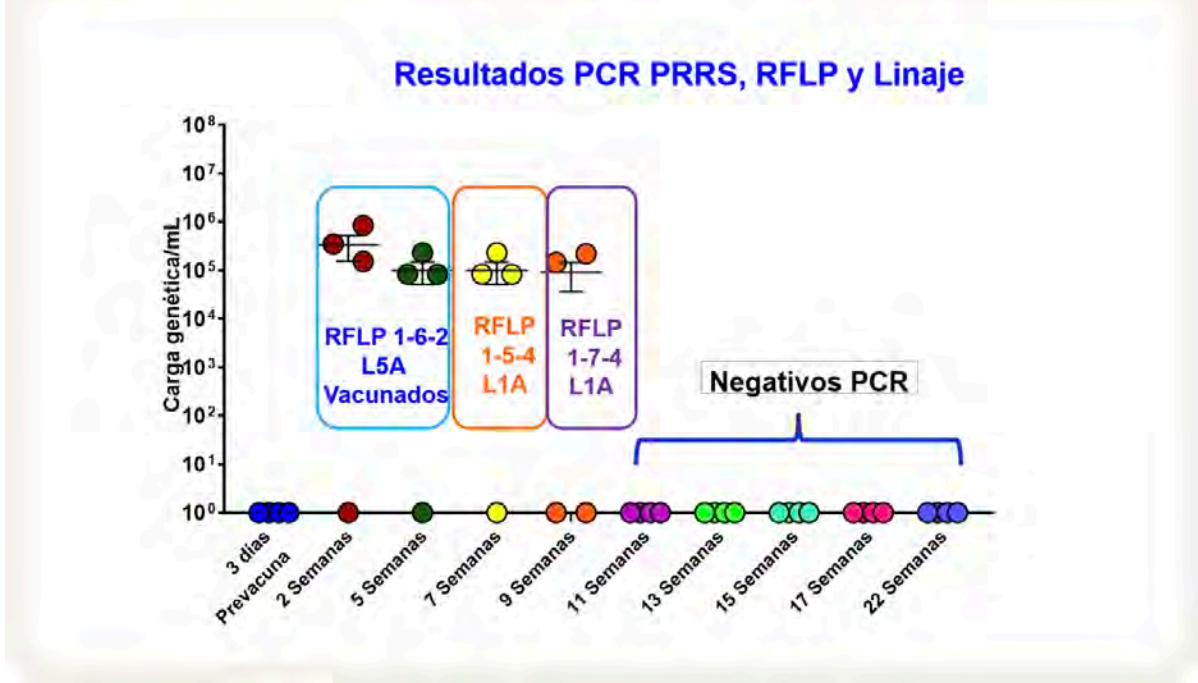
PCRq y RFLP DE LECHONES

Cuadro 2: PCRq y RFLP DE LECHONES										
	05-ene	19-ene	09-feb	23-feb	08-mar	22-mar	05-abr	19-abr	03-may	07-jun
Edad	3 días	2 sem	5 sem.	7 sem.	9 sem.	11 sem.	13 sem.	15 sem.	17 sem.	22 sem.
Arete	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq	PCRtrq
1										
2	Negat.	8.43X10 ⁵	Negativo	Negat.	1.46X10 ⁵	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.
3										
4										
5	Negat.	3.50X10 ⁵	2.32X10 ⁵	1.74X10 ⁴	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.
6										
7										
8	Negat.	1.53X10 ⁵	8.34 X 10 ⁴	5.91X10 ⁴	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.
9										
10										
11	Negat.	Negat.	*8.45X10 ⁴	1.58X10 ⁵	2.22X10 ⁵	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.	Negat.
12										
RFLP		1-6-2	1-6-2	1-5-4	1-7-4					

Los 4 pools (de 3 lechones cada uno) con 3 días de edad fueron negativos al VPRRS por PCRq, indicativo para proceder a vacunar. Si hubiesen salido positivos por PCRq no sería factible aplicar la vacuna.

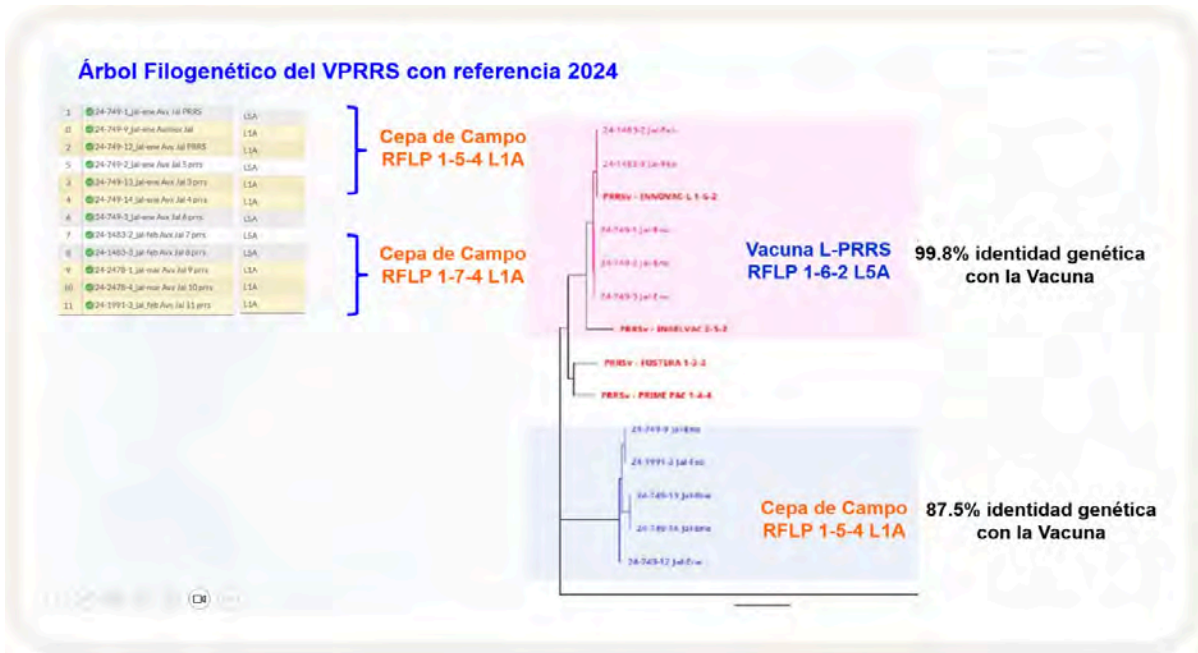
Gráfica

A la semana 2 y 5 de edad se confirmó la presencia del virus de la vacuna linaje L5A mediante y la secuenciación del ORF 5 y calculando el RFLP 1-6-2 (in silico, Lab. Del Itson Cd. Obregon).

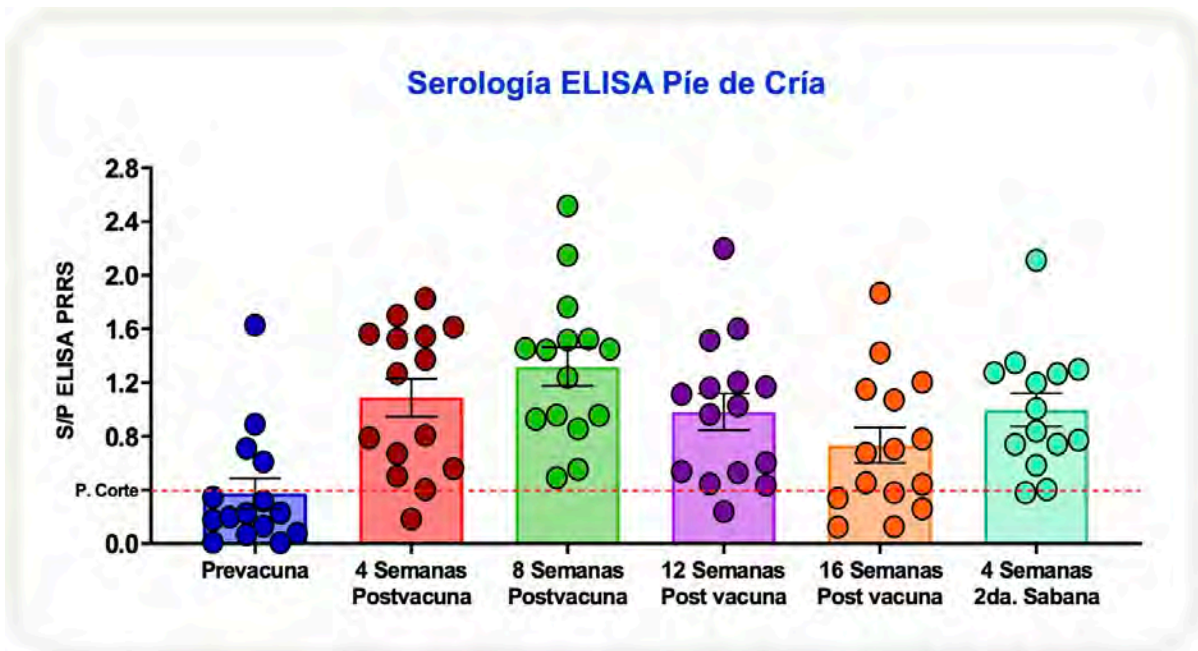


En la 7ª semana de edad se detectó la presencia del virus de campo linaje L1A RFLP 1-5-4, con una homología genética del 87.4% hacia la cepa vacunal 1-6-2; pero en la semana 9 de edad se detectó la presencia de otro virus de campo linaje L1A RFLP 1-7-4 (*In Silico, Lab. DCV*).

Los lechones vacunados pasaron la etapa de desafío, ante ambos virus de campo a las 7 semanas después de vacunarse sin evidencias clínicas.



En el Cuadro 4, el pie de cría, a las 8 semanas post vacunación el 100% seroconvirtió contra el VPRRS y a las 12 semanas se registró un 94% de seropositividad. Todos Los PCRq contra el VPRRS resultaron negativos en el pie de cría.



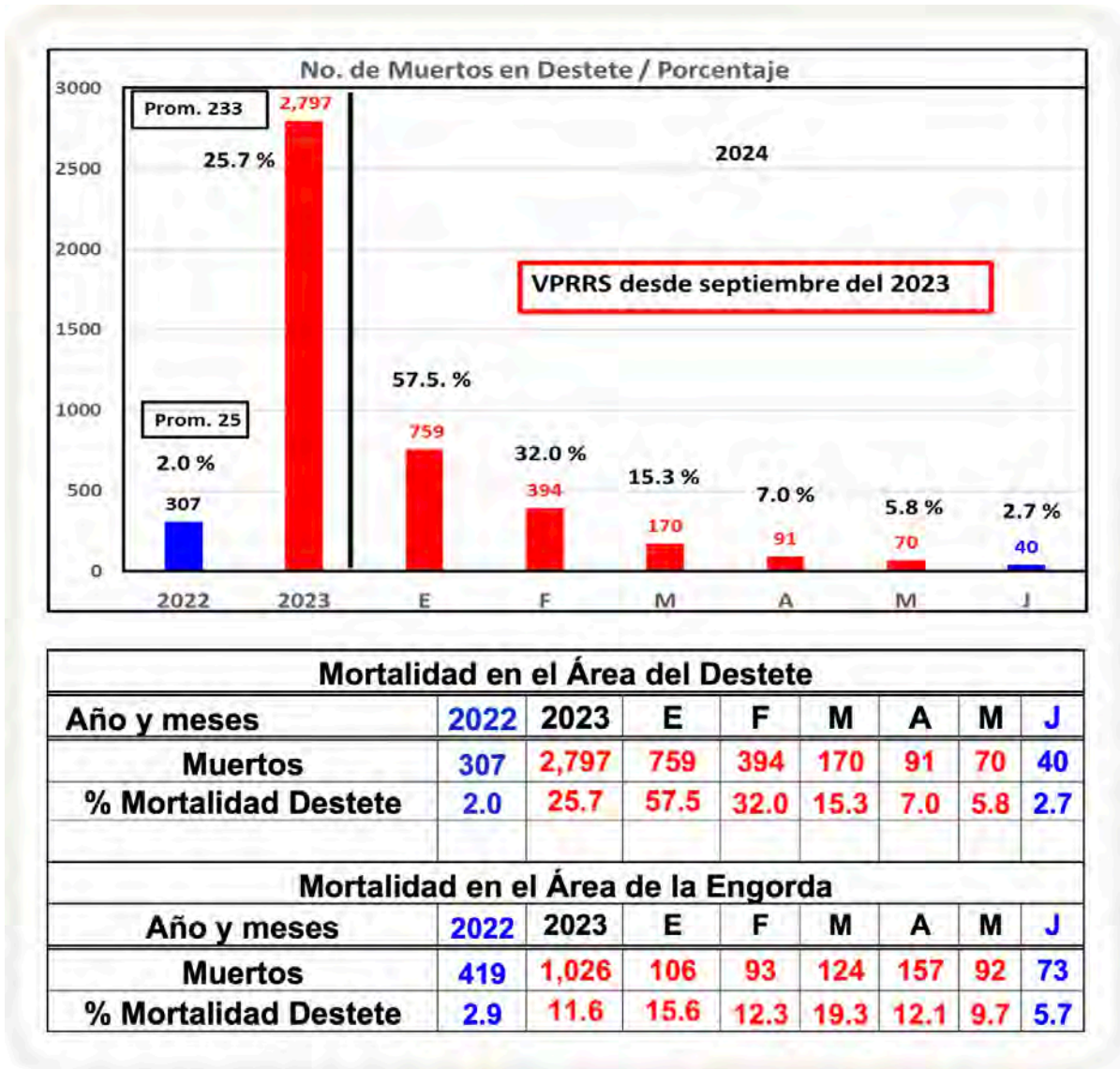
Cuadro 4.

ELISA y pools PCRq de 15 HEMBRAS

		05-ene	09-feb	08-mar	05-abr	03-may	07-jun	4, 8, 12, 16, 20
		Prevacuna	4 sem.	8 sem.	12 sem.	16 sem.	Booster 4 sem.	Semanas
Id	Arete	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	SP	Pool PCRq
1	5518	0.130	0.403	1.762	0.964	0.126	1.266	Negativo
2	5579	0.709	1.543	1.238	0.538	0.443	1.197	
3	5601	0.077	0.502	0.955	0.238	0.338	0.380	
4	5903	0.067	1.826	2.148	1.167	1.070	0.771	Negativo
5	6021	0.228	0.558	0.927	1.601	1.203	0.403	
6	6071	0.888	0.182	2.516	2.199	1.866	2.111	
7	6099	0.175	1.562	1.444	1.026	0.780	0.739	Negativo
8	6106	0.225	0.670	0.855	0.434	0.379	1.348	
9	6278	0.009	1.372	1.447	1.113	0.123	0.837	
10	6323	0.198	1.266	0.491	0.527	0.452	1.298	Negativo
11	6386	0.346	1.613	1.516	1.514	1.149	1.006	
12	6403	1.628	1.527	1.522	1.160	0.703	0.741	
13	6416	0.006	1.698	0.958	0.602	1.422	1.273	Negativo
14	6460	0.316	0.806	0.553	1.204	0.675	0.583	
15	6561	0.608	0.788	1.453	0.445	0.259	Vendida	

Se decidió aplicar el refuerzo de la vacuna a los 4 meses después de la primera vacunación, debido a que no hay riesgos por la pequeña población porcina del municipio y por no observar signos clínicos.

La ELISA de PRRS de las hembras muestran una positividad del 93% después de la segunda aplicación en sabana y un aumento en los valores S/P, indicativo de una respuesta efectiva a la vacunación y no se detectó el virus de campo por PRCq en ningún muestreo en las hembras.



Conclusiones.

1. La vacuna con la cepa G16X fue inocua sin efectos negativos post vacunación en lechones y hembras.
2. La Vacuna genero respuesta inmune capaz de conferir protección cruzada contra las variantes de campo RFLP 1-5-4 heteróloga en un 12.5% así como de la cepa RFLP 1-7-4.
3. La vacuna genero protección, reduciendo la signología clínica sugestiva al VPRRS, así como de la mortalidad en el destete y de la engorda.
4. Otros parámetros han ido mejorando a través de los días, como consumo de alimento y peso entre

otros.

5. La edad al mercado regreso a los 168 días y a los 115 kilogramos de peso promedio (con el VPRRS se incrementó a 200 días).

6. Con el uso de la vacuna cepa G16X y por la distancia en kilómetros de las zonas de alta población porcina, podrá ser factible en un futuro erradicar la enfermedad por el VPRRS en el municipio.

Bibliografía.

Zimmerman, J. et al (2012). Diseases of Swine 10th edition (31): 461-486. 22oC

XENOTRANPLANTES: El cerdo doméstico como solución prometedora

Se define como xenotransplante al trasplante de células, tejidos y órganos entre especies filogenéticamente diferentes¹.

Son importantes porque ofrecen alternativas al problema que supone la donación de órganos; por otra parte, los trasplantes de tejidos no siempre están integrados al sistema sanitario general y en determinados países no gozan de cobertura universal; siendo los gastos por cuenta propia y la atención que los rodea obstáculos para quienes esperan un trasplante; al representar costos elevados, los sistemas de salud establecen prioridades y optan por priorizar los trasplantes de riñón con respecto a la hemodiálisis que es más costosa².

Los datos obtenidos por el Observatorio Mundial de Donación y Trasplante indican que anualmente se realizan más de 150 000 trasplantes de órganos en todo el mundo. Lo que supone un aumento del 52% con respecto a datos obtenidos en 2010; no obstante, ésta cifra representa menos del 11% de las necesidades mundiales, añádase a esto el incremento en la relación oferta y demanda de órganos humanos donde sin lugar a duda la pandemia de COVID 19 repercutió descendiendo en un 18% el número de trasplantes realizados a nivel mundial².

En México el panorama no es diferente, de acuerdo a lo que señala la Secretaria de Salud para el año 2022 se tenían un total de 19 555 personas en espera de un trasplante de órgano o tejido, de ellas 15 028 esperan un riñón, 3 986 córnea, 229 hígado y 29 personas esperan corazón entre los más solicitados³.

Todo lo anterior pone de manifiesto la limitada disponibilidad de donantes humanos, así como la crisis por la que pasa el sector salud ante la gran brecha que hay entre el número de órganos disponibles para transplantar y el número de personas que están en la espera de uno. La ventaja que tendrían los xenotransplantes es la de proveer una especie animal como el cerdo que es fácilmente disponible con características anatómicas y fisiológicas altamente compatibles con el humano.

El tema de los xenotransplantes no es nuevo, existen reportes que datan de esta práctica médica desde 1667; desde entonces, se han empleado borregos, chimpancés, babuinos y cerdos con resultados variables principalmente asociados a las barreras inmunológicas inter especie, algunas pruebas no fueron exitosas resultando en la muerte de los receptores y otros lograron incrementar la esperanza de

vida, sobre todo cuando se inició con el uso de inmunosupresores así como con la edición genética realizada en los donadores¹.

Después de realizar varios intentos con otras especies animales, se optó por seleccionar al cerdo porque fisiológicamente es similar al humano, la madurez sexual a edad temprana, tener camadas numerosas, el riesgo menor de zoonosis que los primates no humanos y ser criados bajo condiciones libres de patógenos (lo que disminuye aún más el riesgo de infecciones) son características relevantes en la selección de ésta especie⁴.

En el año 2003 se logró inhibir el gen galactosa- α 1,3-galactosa en la especie porcina, identificado como el principal agente causante de rechazo de los xenotransplantes. Esta inhibición ha permitido reducir el rechazo hiperagudo en específico de riñón y corazón¹.

Sin embargo; los xenoinjertos desencadenan importantes respuestas inmunológicas en el ser humano como el rechazo hiperagudo que implica la activación del complemento, la lisis de células endoteliales y con ello una disrupción vascular finalizando con el rechazo total del tejido, así mismo para evitar o disminuir el rechazo se han realizado modificaciones genéticas en los donantes; técnicas moleculares como TALEN (siglas en inglés de nucleasas tipo activadores de transcripción) y CRISPR-Cas (siglas en inglés de nucleasas de secuencias palindrómicas repetidas inversas) han sido empleadas para lograr la inactivación de diversos genes que participan en el rechazo por parte del receptor^{1,5} **(Tabla 1)**.

Tabla 1.

Genes que han sido modificados en la especie porcina con el objetivo de hacer eficaces los xenotransplantes.

Nombre del gen	Función
CD46, CD55 y CD59	Regulan el complemento mediante la expresión de un gen regulador del complemento humano.
Transferasa humana, endobetagalactosidasa C, GTKO, NeuGcKo,	Deleción o supresión de antígenos Gal o nogal.
CIITA-DN	Expresión del gen 1 de factor de necrosis tumoral, supresión de la respuesta inmune celular por la expresión o regulación de genes.
Ligando FAS humanos, CTLA4-Ig, TRAIL	Inhibición de células natural killer humanas y la citotoxicidad por macrófagos.
A20, CD47, ASGR1-KOO, SIRPα	Expresión de genes anticoagulantes, antiinflamatorios y antiapoptosis.
siRNA	Prevención de la activación de retrovirus endógenos porcinos.

Las modificaciones de estos genes permiten demostrar in vitro la eficacia de la edición genética, posteriormente los ensayos in vivo permiten su validación sin dejar de lado las implicaciones éticas y normativas sobre el uso de primates no humanos, todo ello previo a la aplicación clínica.

A finales del año 2021 se realizó el primer xenotrasplante de riñón de origen porcino a un humano con muerte cerebral; durante las primeras 54 horas el órgano fue fisiológicamente funcional; sin embargo, dentro de las primeras 24 horas ya se observaban cambios histológicos esto puede indicar un éxito limitado pero es necesario considerar que el paciente ya tenía 5 días de muerte cerebral al recibir el xenotransplante, finalmente murió a las 74 hrs. posteriores de recibir el xenoinjerto, principalmente asociado a falla multiorgánica⁴.

Otra aplicación es que recientemente la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) aprobó comercializar carne de cerdo libre del gen GGTA1 para su uso como producto alimenticio, con la finalidad de que dicho producto pudiera ser consumido por personas alérgicas a la carne de cerdo⁴.

Actualmente muchas de las investigaciones dirigidas al xenotransplante de la especie porcina se realizan en la Universidad de Alabama, en el Instituto Nacional de Salud en Bethesda, Maryland además de la Universidad de Munich.

En conclusión, los xenotranplantes son procesos extremadamente complejos en los que intervienen

múltiples factores que determinan el éxito de los experimentos preclínicos y las tecnologías empleadas pueden abrir nuevas oportunidades de mercado en los consumidores alérgicos. Queda claro que el cerdo doméstico juega un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, pues no sólo es una excelente fuente de proteína animal, sino que también es una gran solución a una problemática de dimensión mundial; esto pone de manifiesto que el cerdo es y será el mejor amigo del hombre.

Referencias bibliográficas:

1. Aristizabal A.M., Caicedo L.A., Martínez J.M., Moreno M., Echeverri J.G. (2017). "Xenotransplantes: una realidad en la práctica clínica". *Cirugía española* 95 (2): 62-72.
2. Organización Mundial de la Salud. (2022). "Transplante de órganos y tejidos humanos". A75/41.
3. Boletín Estadístico Informativo-Centro Nacional de Transplantes (2023). Vol VII (1) enero-diciembre 2022.
4. Fischer, K., Schnieke, A. (2022). "Xenotransplantation becoming reality". *Transgenic Res* 31:391-398.
5. Ekser B., Ping L., Cooper M.D. (2017). "Xenotransplantation: past, present and future". *Curr Opin Organ Transplant* 22 (6): 513-521.