

Pecuarios.com

Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

VOLUMEN 3 | MARZO – ABRIL 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 Año 3, Vol. 3, Núm 14, Marzo – Abril 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: 1 de marzo de 2025.

CONTENIDOS:

Avicultura.mx

Determinación del nivel idóneo de lisina digestible en el alimento para optimizar las variables productivas en gallinas Hy-Line W80 de 38 a 52 semanas de edad. **07**

Autores: / *Sergio Gómez Rosales* / *Ivón Yanine Chávez Mora* / *María de Lourdes Angeles*
/ *Saúl Rosales Martínez* / *Sergio Fernández Tinoco*

Evaluación de eubióticos en pollos de engorda y su efecto en el rendimiento productivo y salud intestinal. **17**

Autores: / *Osiris Napoleón Pérez Segura* / *Arturo Cortés Cuevas* / *Ernesto Ávila González*

Ganaderia.com _____

**La importancia de la vitamina (hormona) D
en vacas lecheras. 28**

Autores: / *Diana Sofía* / *Eligio Gabriel*
 / *Andrade Chacón* / *Salgado Hernández*

**La Transferencia Nuclear de Células Somáticas (TNCS) 35
y sus beneficios en la preservación de ganado puro.
Caso Simbrah CIPA- UANL.**

Autores: / *Iván* / *Demetrio Alonso* / *José Roberto*
 / *Aguilar Chávez* / *Ambriz García* / *Vázquez Avendaño*

/ *María del Carmen* / *Nelson* / *Salvador*
/ *Navarro Maldonado* / *Manzanares Miranda* / *Romo García*

**Los básicos para entender el mercado de la carne 43
de bovino.**

Autores: / *José*
 / *Cuevas Valdez*

Vacuna contra babesiosis bovina elaborada con medio libre de componentes de origen animal.

49

Autores: / *Antonio*
Álvarez Martínez / *Carmen*
Rojas Martínez / *José Juan*
Lira Amaya

/ *Julio V.*
Figueroa Millán / *Roberto O.*
Castañeda Arriola

Porcicultura.com _____

Cuantificación de los recursos e insumos utilizados en granjas tecnificadas para la crianza intensiva de cerdos: Un caso de estudio. **59**

Autores: / *Héctor Daniel Huerta Silva* / *Mario Rafael Giraldi Díaz* / *Shunashi Yectzin Aguilar Morales*

Determinación de la correlación entre los días no productivos por hembra y su impacto económico en una granja comercial en México. **70**

Autores: / *Andrés Ortega Robert*

Empleo de nanopartículas de oro funcionalizadas con extractos acuosos de *Capsicum annum* L. como antioxidante en la conservación de semen de cerdo a temperaturas de 17°C **74**

Autores: / *Brandon Damian Cervera Villaseñor*

**Impacto económico por el castigo del precio de venta
de cerdos retrasados. 83**

Autores: / *Raúl
Aguila*

**Manejo primordial y atención del lechón recién nacido,
antes, durante y después del parto. 90**

Autores: / *Gustavo
Valenzuela Lara*

Determinación del nivel idóneo de lisina digestible en el alimento para optimizar las variables productivas en gallinas Hy-Line W80 de 38 a 52 semanas de edad

Sergio Gómez Rosales^{1*}, Saúl Rosales Martínez², Ivón Yanine Chávez Mora², Sergio Fernández Tinoco³, María de Lourdes Angeles¹

¹CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Ajuchitlán, Querétaro, México. ²Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. ³Asesor Independiente.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el nivel óptimo de lisina digestible (LisD) usando un alimento con niveles bajos de proteína para lograr la mejor eficiencia productiva y económica en la gallina de postura comercial Hy-Line W80 de 38-52 semanas de edad. Se usaron 675 gallinas Hy-Line W80 alojadas en grupos de cinco aves por jaula. Se evaluaron cinco niveles de LisD (0.72, 0.75, 0.78, 0.81 y 0.84%) y se registró las variables productivas en tres períodos: 40-43, 44-47 y 48-52 semanas. Se formularon dietas con base en maíz blanco, pasta de soya y pasta de canola con 15.5% de PC. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza usando un modelo mixto y contrastes polinomiales; se tuvieron nueve repeticiones por tratamiento con 15 aves por repetición. Ninguna de las variables productivas fue afectadas por la interacción entre el período de producción y nivel de LisD. En los períodos de 40-43 al 48-52 semanas la producción de huevo fue disminuyendo linealmente ($P < 0.01$). La masa de huevo se redujo del período 40-43 al 44-47, y se mantuvo igual en el período de 48-52 semanas ($P < 0.01$). El consumo de alimento, consumo de LisD y la cantidad de LisD por gramo de masa de huevo aumentaron de 40-43 a 44-47 semanas, y se mantuvieron estables en el período de 48-52 semanas ($P < 0.01$). La conversión alimenticia, número y kilos de huevo acumulados por gallina alojada fueron aumentando linealmente ($P < 0.01$) del período de 40-43 al de 48-52 semanas de producción. Respecto a los niveles de LisD, el peso del huevo, masa de huevo y los kilos de huevo acumulados por gallina alojada fueron mayores, mientras que la conversión alimenticia fue menor ($P < 0.01$) con niveles de LisD de 0.81 y 0.84%, comparados con las concentraciones de 0.72, 0.75 y 0.78% de LisD. La producción de huevo fue mayor con concentraciones de 0.78, 0.81 y 0.84% de LisD, comparada con los niveles de 0.72 y 0.75% de LisD. El número de huevos acumulados por gallina alojada fue menor ($P < 0.01$) al nivel de 0.72% de LisD respecto a los niveles de 0.81 y 0.84% de LisD, mientras que los otros tratamientos tuvieron valores intermedios. El consumo de LisD y la cantidad de LisD requerida por gramo de masa de huevo se incrementaron linealmente ($P < 0.01$) conforme se aumentó la concentración de LisD en la dieta. En conclusión, en gallinas Hy-Line W80 de 38-52 semanas, el nivel óptimo de LisD para maximizar las variables productivas fue de 0.81%, lo que equivale a un consumo diario de LisD de 863.9 mg.

Introducción

La evolución genética de las líneas de ponedoras comerciales se ha reflejado en mejoras notables de las variables productivas de las gallinas. Durante los últimos años, se ha observado aumentos sustanciales en la producción de huevo y la persistencia de la producción, así como mayores valores de masa del huevo, más allá de las mejoras en los índices de conversión alimenticia (Pastore et al., 2018; Macelline et al., 2021). Sin embargo, para optimizar la expresión del rendimiento óptimo de estas gallinas el contenido de nutrientes de las dietas debe suministrarse en las cantidades adecuadas que cubran todas las necesidades nutricionales de las gallinas. En gallinas blancas una recomendación que se sigue manteniendo vigente es el consumo de 690 mg de Lisina (Lis) total, equivalente a 593 mg de Lis digestible (LisD)/día (NRC, 1994), lo que contrasta con las estimaciones más recientes de consumo de LisD de 803 mg/día (Rostagno et al., 2011), 805 mg/día (Guía de Manejo, Hy-Line W-36, 2020) y 856 mg/día (Pastore et al., 2018) en el pico de producción.

Se desconocen las razones exactas de estas discrepancias entre estudios, pero algunas posibles explicaciones incluyen diferencias en la temperatura ambiente, prácticas de manejo, antecedentes genéticos, etapa de producción de huevos, composición de la dieta, consumo de alimento, estado de salud, criterios metodológicos (línea discontinua versus regresión polinómica cuadrática), variables evaluadas (producción de huevo Vs masa de huevo Vs peso del huevo Vs eficiencia alimenticia) y unidad de Lis (total Vs fecal Vs ileal) utilizado para estimar los requerimientos, entre otros factores (Angeles y Gómez-Rosales, 2005; Scappaticcio et al., 2021; Macelline et al., 2021). En condiciones comerciales es importante considerar estos factores en la formulación de raciones, tomando en cuenta que las variables productivas de las gallinas criadas no se puede equiparar con las variables que se presentan en las guías de manejo de las estirpes, y en consecuencia con el requerimiento óptimo de nutrientes para maximizar la productividad y la rentabilidad del negocio del huevo. Estas evaluaciones son más necesarias cuando no se cuenta con información suficiente de las líneas modernas disponibles por las empresas de genética, como por ejemplo, la ponedora blanca Hy-Line W80, de la cual no se cuenta con información de su comportamiento productivo en condiciones comerciales, y por lo tanto, no se cuenta con valores del requerimiento de nutrientes esenciales que tienen un impacto sensible en los costos de producción. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el nivel óptimo de LisD usando un alimento con niveles bajos de proteína para lograr la mejor eficiencia productiva y económica en la gallina de postura comercial Hy-Line W80 de 38-52 semanas de edad.

Materiales y Métodos

Lugar de estudio

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación aplicada en Nutrición Avícola (CIANA SA de CV) de Campo Huevo de Occidente la cual es una granja experimental tipo comercial, ubicada al sur de la Sierra de Ameca, en el Km 44.5 carretera Guadalajara-Ameca desviación al cabezón km 1.6 (20°33'N 104°27'O) en el estado de Jalisco México, la granja se encuentra a 1242 msnm con un clima templado-cálido con una temperatura media anual de 21.3°C y una precipitación pluvial de 864 mm. Durante el experimento se siguieron las recomendaciones de la NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

Animales, tratamientos y diseño experimental

Se emplearon 675 gallinas Hy-Line W80 de 38 semanas de edad. Las aves se alojaron en una caseta de ambiente natural con jaulas tipo california en forma piramidal de tres niveles, cada nido con capacidad de cinco aves, proporcionando un espacio de 400cm²/gallina. El estudio tuvo duración de 14 semanas con una semana de adaptación. Las aves fueron distribuidas en un diseño de bloques al azar en cinco tratamientos y cada tratamiento tuvo nueve réplicas de 15 gallinas cada una. Se formularon dietas prácticas con base en maíz blanco, pasta de soya, granos secos de destilería con solubles de maíz (DDGS) y aceite reciclado. Se empleó una dieta para gallinas de 38 a 50 semanas de edad que cubrió con los perfiles nutricionales calculados con base a la producción de masa de huevo. Todas las dietas incluyeron fitasa. El agua y el alimento se proporcionaron ad

libitum durante la prueba. A los ingredientes empleados se les realizó un aminograma con el equipo NIR (**Cuadro 1**) y el lote de ingredientes se separó para ser utilizado en todo el periodo experimental. Todos los tratamientos tuvieron un nivel de proteína cruda de 15.5% y energía metabolizable de 2850 kcal/kg, variando el nivel de LisD con aumentos de 0.03% en cada tratamiento: 0.72, 0.75, 0.78, 0.81 y 0.84 % de LisD (**Cuadro 2**). Se aplicó el patrón ideal de proteína de Lemme (2009).

Cuadro 1. Contenido de aminoácidos digestibles de los ingredientes.

Ingrediente	Maíz	Pasta de soya	DDGS¹, maíz
Materia seca, %	86.85	87.76	87.8
Proteína cruda	7.19	48.12	27.44
Aminoácidos digestibles, %			
Metionina	0.133	0.561	0.41
Cisteína	0.136	0.506	0.366
Aminoácidos asufrados	0.274	1.059	0.791
Lisina	0.201	2.541	0.509
Treonina	0.215	1.523	0.684
Triptofano	0.048	0.577	0.176
Arginina	0.296	3.186	0.898
Isoleucina	0.23	1.898	0.744
Leucina	0.77	3.121	2.483
Valina	0.311	1.936	0.957
Histidina	0.196	1.079	0.488
Fenilalanina	0.311	2.128	0.972
Glicina	0.238	1.644	0.743
Serina	0.326	2.119	1.034
Prolina	0.597	2.088	1.794
Alanina	0.475	1.768	1.496
Ácido aspático	0.409	4.64	1.147
Ácido glutámico	1.207	7.693	3.57

¹Granos secos de destilería con solubles

Cuadro 2. Composición y contenido de nutrientes de las dietas experimentales.

Contenido de lisina digestible, %					
Ingredientes, kg	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84
Maíz blanco	614.390	613.790	605.200	617.330	635.850
Pasta de soya	154.000	154.000	163.000	173.000	192.000
Aceite vegetal reciclado	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
DDGS	110.000	110.000	110.000	86.000	46.000
Calcio fino	49.000	49.000	48.000	48.000	48.000
Calcio grueso	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
Sal fina	2.500	2.200	2.200	2.300	2.800
Fosfato monodivale	3.400	3.400	3.300	3.800	4.700
Bicarbonato de sodio	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L-Lisina HCl	1.400	1.750	1.900	2.100	2.150
DL-Metionina	1.950	2.200	2.450	2.750	3.100
L-Valina	0.000	0.000	0.100	0.400	0.650
Treonina	0.000	0.100	0.200	0.400	0.600
L-Triptofano	0.000	0.000	0.000	0.050	0.050
L-Isoleucina	0.000	0.200	0.300	0.500	0.700
Pigmento	0.280	0.280	0.280	0.290	0.320
Cantaxantina	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
Vitaminas y minerales	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Fitasa	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
Xilanas	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
Contenido de nutrientes					
Materia seca, %	89.235	89.242	89.243	89.219	89.142
Proteína cruda, %	15.600	15.600	15.800	15.800	15.800
EMn , kcal/kg	2.850	2.850	2.851	2.850	2.857
Lisina digestible, %	0.720	0.750	0.781	0.810	0.841
Calcio total, %	4.303	4.303	4.270	4.276	4.296
Fósforo disponible, %	0.401	0.401	0.400	0.400	0.401
Ácido linoleico, %	1.734	1.733	1.724	1.675	1.598

Variables de respuesta

Al inicio de la prueba, a la mitad y final del trabajo se pesaron ocho gallinas por réplica para calcular la ganancia de peso. Semanalmente se calculó el porcentaje de producción de huevo, peso promedio del huevo (g), consumo de alimento ave/día (g), número y kilos de huevos acumulados por gallina alojada. También se calculó el consumo de LisD por ave (mg), la masa de huevo ave día (g), el índice de conversión alimenticia (kg:kg) y el requerimiento de LisD por gramo de masa de huevo. Al final del trabajo se tomaron seis huevos por réplica para evaluar la resistencia del cascarón y la calidad interna con el equipo DET6000. A los alimentos elaborados se les realizó un bromatológico para determinar la humedad, proteína, grasa y calcio (Cuadro 2).

Análisis estadístico

Para analizar los resultados, primero se dividieron en tres períodos: semanas 40-43, 44-47 y 48-52. Se recalcularon las variables productivas para cada período previo al análisis. Se usó un modelo mixto (PROC MIXED) usando el paquete estadístico SAS. La concentración de LisD se usó como variable fija, y el período de producción, junto con la interacción con la concentración de LisD, se usó como variables aleatorias. También se

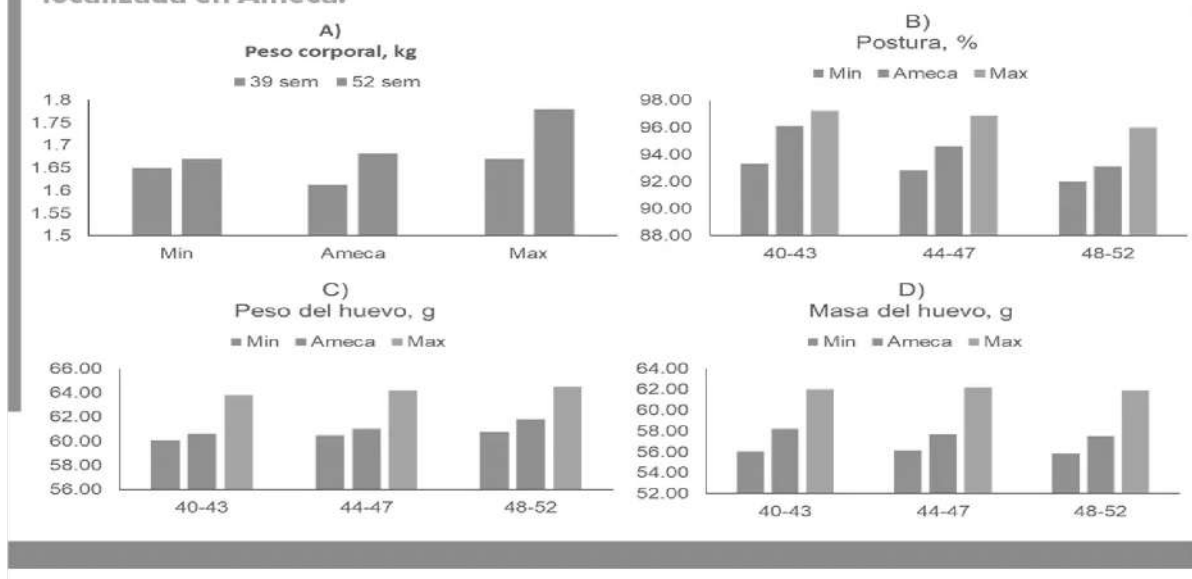
hizo análisis de regresión mediante el procedimiento REG de SAS para estimar la concentración requerida de LisD para optimizar las variables de respuesta. La unidad experimental fueron tres jaulas con cinco gallinas para un total de 15 aves y nueve repeticiones por tratamiento. La significancia estadística se declaró en $P < 0.05$. En los cuadros se presentan las medias de mínimos cuadrados y el error estándar de la media.

Resultados

Nos se observaron interacciones significativas entre el período de producción y la concentración de LisD en ninguna de las variables productivas. Por lo anterior, se describen los resultados de los efectos principales, el período de producción y la concentración de LisD. Con respecto al período de producción los resultados se presentan en el Cuadro 3. La producción de huevo fue disminuyendo linealmente ($P < 0.01$) del período de 40-43 al 48-52 semanas. La masa de huevo se redujo del período 40-43 al 44-47, y se mantuvo igual en el período de 48-52 semanas (Efecto cuadrático, $P < 0.01$). Por el contrario, el consumo de alimento, consumo de LisD y la cantidad de LisD por gramo de masa de huevo aumentaron de 40-43 a 44-47 semanas, y se mantuvieron estables en el período de 48-52 semanas (Efecto cuadrático, $P < 0.01$). La conversión alimenticia, número y kilos de huevo acumulados por gallina alojada fueron aumentando linealmente ($P < 0.01$) del período de 40-43 a 48-52 semanas de producción. En la Figura 1 se muestra los valores mínimos y máximos esperados del peso corporal A), porcentaje de postura B), peso del huevo C) y masa del huevo D) de 39 a 52 semanas de edad de acuerdo al Manual de Manejo de la gallina Hy-Line W80 y los resultados obtenidos en la granja experimental localizada en Ameca. Esto es para verificar que los parámetros obtenidos en el presente estudio estuvieron dentro de lo que marca la estirpe, y así asegurar que los resultados son confiables.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de gallinas Hy-Line W80 de 38 a 52 semanas de edad, divididas en tres períodos de producción				
	40-43	44-47	48-52	EEM^a
Producción de huevo, %	96.09^b	94.62^c	93.07^d	0.356
Peso del huevo, g	60.59^b	60.98^c	61.78^d	0.119
Masa de huevo, g/día	58.22^b	57.71^c	57.50^c	0.165
Consumo diario de alimento, g/día	105.95^b	106.81^c	106.77^c	0.174
Consumo de lisina digestible, mg/día	826.47^b	833.14^c	832.76^c	1.357
Lisina digestible/g de masa de huevo, mg	14.21^b	14.45^c	14.50^c	0.032
Conversión alimenticia acumulada	1.81^b	1.84^c	1.86^d	0.007
Huevos acumulados/gallina alojada	26.91^b	26.49^b	32.58^c	0.480
Kilos de huevo acumulados/gallina alojada	1.62^b	1.63^c	2.10^d	0.029
^a Error estándar de la media. ^{b..d} Efecto del Período de producción, $P < 0.01$.				

Figura 1. Peso corporal A), porcentaje de postura B), peso del huevo C) y Masa del huevo D) de 39 a 52 semanas de edad de acuerdo al Manual de Manejo de la gallina Hy-Line W80 y los resultados obtenidos en la granja experimental localizada en Ameca.



Los resultados del uso de concentraciones crecientes de LisD en el alimento se presentan en los Cuadros 4 y 5. En el análisis de regresión, se encontró respuesta lineal en las variables consumo de LisD, cantidad de LisD por gramo de masa de huevo y el número de huevos acumulados por gallina alojada, mientras que la producción de huevo, peso del huevo, masa de huevo, conversión alimenticia acumulada y los kilos de huevo por gallina alojada mostraron respuestas de tipo cúbico respecto a los niveles de LisD en el alimento (Cuadro 4); por lo anterior, no fue posible determinar la concentración óptima de LiD usando la metodología de la línea quebrada. La concentración dietética de LisD no tuvo efecto en el peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento y la altura de la albúmina. El peso del huevo, masa de huevo y los kilos de huevo acumulados por gallina alojada fueron mayores, mientras que la conversión alimenticia fue menor ($P < 0.01$) con niveles de LisD de 0.81 y 0.84%, comparados con las concentraciones de 0.72, 0.75 y 0.78% de LisD. La producción de huevo fue mayor con concentraciones de 0.78, 0.81 y 0.84% de LisD, comparada con los niveles de 0.72 y 0.75% de LisD. El número de huevos acumulados por gallina alojada fue menor ($P < 0.01$) al nivel de 0.72% de LisD respecto a los niveles de 0.81 y 0.84% de LisD, mientras que los otros tratamientos tuvieron valores intermedios. El consumo de LisD y la cantidad de LisD requerida por gramo de masa de huevo se incrementaron linealmente ($P < 0.01$) conforme se aumentó la concentración de LisD en la dieta. La resistencia del cascarón ($P < 0.05$) y la pigmentación de la yema ($P < 0.01$) fueron menores con el nivel de 0.72% de LisD respecto al resto de los niveles de LisD, los cuales fueron estadísticamente similares entre sí (**Cuadro 5**).

Cuadro 4. Comportamiento productivo de gallinas adicionadas con diferentes niveles de lisina digestible.

Concentración de Lisina digestible, %						
	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	EEM ^a
Producción de huevo, %*	93.85 ^b	93.22 ^b	94.91 ^c	95.24 ^c	95.81 ^c	0.460
Peso del huevo, g*	60.87 ^b	61.08 ^b	60.66 ^b	61.63 ^c	61.35 ^c	0.154
Masa de huevo, g/día*	57.08 ^b	56.94 ^b	57.57 ^b	58.70 ^c	58.78 ^c	0.318
Consumo diario de alimento, g/día	106.06	106.93	106.43	106.65	106.47	0.224
Consumo de lisina digestible, mg/día**	763.62 ^b	801.96 ^c	830.18 ^d	863.86 ^e	894.32 ^f	1.771
Lisina digestible/g de masa de huevo, mg**	13.41 ^b	14.11 ^c	14.44 ^d	14.74 ^e	15.24 ^f	0.087
Conversión alimenticia acumulada*	1.84 ^b	1.86 ^b	1.84 ^b	1.81 ^c	1.82 ^c	0.009
Huevos acumulados/gallina alojada**	85.19 ^b	84.69 ^b	86.29 ^{bc}	86.55 ^c	87.16 ^c	0.938
Kilos de huevo acumulados /gallina alojada**	5.19 ^b	5.18 ^b	5.24 ^b	5.34 ^c	5.35 ^c	0.033

^aError estándar de la media.

^{b-f} Efecto de la concentración de LisD, $P < 0.01$.

* Respuesta cúbica; ** Respuesta lineal.

Cuadro 5. Peso corporal, ganancia de peso y calidad del huevo en gallinas adicionadas con diferentes niveles de Lisina digestible.

Concentración de lisina digestible, %						
	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	EEM ^a
Peso corporal, 38 días	1616	1616	1608	1610	1615	7.744
Peso corporal, 50 días	1668	1682	1677	1702	1682	12.122
Ganancia de peso, g/día	0.618	0.792	0.826	1.102	0.793	0.164
Resistencia del cascarón, g/cm ²	4789 ^d	5095 ^e	5217 ^e	5139 ^e	5111 ^e	97.925
Altura de la albúmina, mm	8.38	7.99	8.09	8.06	8.04	0.109
Pigmentación de la yema	9.43 ^b	10.63 ^c	10.46 ^c	10.37 ^c	9.87 ^c	0.126
Unidad Haugh	90.69	88.54	89.08	88.85	88.71	0.602

^a Error estándar de la media.

^{b-c} Efecto de la concentración de LisD, $P < 0.01$.

^{d-e} Efecto de la concentración de LisD, $P < 0.05$.

Discusión

Los resultados muestran que aunque las variables productivas difieren entre períodos de producción, la falta de interacciones entre períodos y la concentración de LisD indica que se debe mantener el mismo nivel de LisD en los diferentes períodos evaluados entre las semanas 38 a 52. Es importante clarificar este punto ya que en experimentos de mediana duración se corre el riesgo de cambios en los requerimientos ya que el peso de las aves y peso del huevo siguen aumentando; en oposición, el porcentaje de postura va disminuyendo. Los

resultados indican que el posible aumento en el requerimiento de LisD asociado al peso corporal y del huevo fue contrarrestado por la reducción en el porcentaje de postura. La mayor producción de las gallinas en las primeras semanas (40-43) y la disminución de la producción en las siguientes semanas, reflejan la caída natural que se observa en la curva de producción de las gallinas después del pico de postura (Guía de Manejo, Hy-Line W80, 2023). En la misma línea, el peso del huevo y la masa de huevo se van aumentando conforme transcurren las semanas de producción, siendo mayor en las semanas 48-52 y menor en las semanas 40-43; esto se debe a que se va aumentando el peso de la gallina, el cual tiene una relación directamente proporcional al peso del huevo. También el consumo de alimento, es menor en las semanas 40-43, debido a que las gallinas son más ligeras, y su aparato digestivo se va adaptando paulatinamente a consumir mayores cantidades de alimento (Leeson and Summers, 2009). La mayor producción de huevo en las semanas 40-43 en comparación con las semanas 44-48 y 48-52, se reflejó en aumento de la conversión alimenticia, lo que también coincide con el comportamiento de la estirpe. En la Guía de Manejo se indica que el consumo de las gallinas en el período evaluado varía de un mínimo de 105 a un máximo de 116 g de alimento/día. En el presente estudio el consumo de alimento varió entre 106 y 107 g/día, es decir, se mantuvo muy cerca del límite mínimo. En la literatura consultada no se encontraron publicaciones científicas para comparar los resultados de productividad de las gallinas Hy-Line W80 que se usaron en el presente estudio.

Para verificar el comportamiento de las variables productivas en el lote de gallinas usadas (Ameca) respecto al rendimiento de producción proporcionado en la Guía de Manejo en la Figura 1 se presenta la comparación de los valores mínimos y máximos esperados del peso corporal A), la producción de huevo B), peso del huevo C) y masa de huevo D). Al principio del estudio, el peso corporal (A) de las gallinas de Ameca (el sitio experimental) fue ligeramente menor al peso mínimo que se muestra en la Guía de Manejo (barras azules), mientras que al final del estudio, el peso de las gallinas de Ameca estuvo por arriba del peso mínimo (barras naranjas), es decir, que las gallinas de Ameca tuvieron un crecimiento compensatorio, pero aun estuvieron por debajo del peso máximo de la estirpe, a las 52 semanas de edad. Sin embargo, el porcentaje de postura fue satisfactorio en los tres períodos evaluados ya que se mantuvo en el promedio entre el mínimo y máximo porcentaje de producción considerando la Guía de Manejo. De la misma manera, el peso del huevo (C) y la masa de huevo (D) se mantuvieron en el promedio de los parámetros que marca la Guía de Manejo.

Los resultados del uso de concentraciones crecientes de LisD sugieren que las concentraciones de 0.72, 0.75 y 0.78% fueron insuficientes para obtener respuestas productivas óptimas en el peso del huevo, masa de huevo, conversión alimenticia acumulada y kilos de huevo acumulados por gallina alojada. En cambio, estas variables fueron optimizadas con concentraciones dietéticas de LisD de 0.81 y 0.84%. En las tres variables de respuesta mencionadas, no hubo diferencias estadísticas significativas entre la concentración de 0.81 y 0.84%; esto indica que con la concentración de 0.81% las gallinas consumieron suficiente LisD para maximizar el comportamiento productivo. De hecho, en la concentración de 0.84% se observa un ligero deterioro de las variables productivas; por ejemplo, el peso del huevo y los kilos de huevo empiezan a caer, mientras que la conversión alimenticia empieza a subir de nuevo. Estos resultados sugieren que, el nivel óptimo de LisD para maximizar el peso del huevo, masa de huevo, conversión alimenticia acumulada y kilos de huevo acumulados por gallina alojada fue de 0.81%, lo que equivale a un consumo diario de LisD de 863.9 mg. Este valor es mayor al requerimiento de 820 y 810 mg de LisD/día recomendado durante el pico de producción y después del pico de producción para un rendimiento económico y se encuentra dentro del rango de 865 y 853 mg de LisD/día recomendado durante el pico de producción y después del pico de producción para un rendimiento óptimo de la gallina Hy-Line W80 (Guía de manejo, 2023). El valor obtenido es ligeramente mayor a los 856 mg LisD/día estimados para gallinas Hy-Line W-36 en el pico de producción (Pastore et al., 2018). En gallinas semi-pesadas en el período de 28 a 44 semanas de edad se reportó un requerimiento de 876 mg de LisD/día (dos Santos et al., 2014). Mientras que en gallinas Hy-line W-36 de 32-44 semanas de edad el requerimiento varió de 778 a 814 mg de LisD/día (Akbari Moghaddam Kakhki et al., 2016) y en gallinas de postura marrón también se reportó un rango de 744 a 843 de consumo de LisD/día para optimizar las variables productivas (Scappaticcio et al., 2021). La variabilidad en el requerimiento de LisD estimado en estos trabajos se explica por la diferencia en las estirpes y los períodos de producción evaluados.

El menoscabo observado en la productividad con el valor máximo de LisD (0.84%), probablemente reflejan que las gallinas están consumiendo cantidades de aminoácidos por arriba de su requerimiento, por lo que el nitrógeno excedente se tienen que eliminar en forma de ácido úrico en la orina, ocasionando pérdidas sensibles de energía, y provocando mayor riesgo de contaminación ambiental (Pastore et al., 2018; Macelline et al., 2021). Es importante resaltar que aunque el contenido de proteína cruda se mantuvo constante entre dietas, debido a que los alimentos se formularon siguiendo las recomendaciones de proteína ideal (Lemme, 2009), por cada nivel de aumento en LisD se aumenta de manera concomitante la inclusión de otros aminoácidos esenciales como se observa en el Cuadro 2. Considerando que la dieta con 0.84% de LisD fue excedente con respecto al requerimiento, todos los aminoácidos esenciales adicionados como lisina, metionina, valina, treonina, triptófano e isoleucina por arriba del nivel óptimo requerido para maximizar la producción tuvieron que ser catabolizados; los aminoácidos son desaminados y el nitrógeno eliminado, y los carbonos de los aminoácidos son usados como fuente de energía para la síntesis de ácido úrico (Leeson y Summers, 2009).

El promedio del requerimiento de LisD por gramo de masa de huevo obtenido en el presente trabajo varió de 13.41 a 15.24 y tuvo un promedio de 14.39 mg. Los valores resultaron mayores al de 12.96 mg/gramo obtenido en el segundo ciclo de producción de gallinas Hy-Line W-36 (Angeles y Gómez, 2005), lo que refleja diferencias en la edad de las gallinas y, sobre todo, el aumento de la masa de huevo en la gallina moderna.

Respecto a los pesos corporales, aunque no hubo diferencias estadísticas se observa mayor peso corporal a las 52 semanas, y también mayor ganancia de peso al nivel de 0.81% de LisD, lo cual concuerda con lo observado en el peso del huevo, conversión alimenticia y kilos de huevo acumulados. En las variables de calidad del huevo, la resistencia del cascarón y la pigmentación de la yema fueron menores al nivel de 0.72% de LisD, lo que indica efecto negativo no solo en las variables productivas, sino también en el uso eficiente de los minerales y pigmentos, debido a una deficiencia de aminoácidos para coadyuvar en la calcificación del cascarón y la transferencia de carotenoides a la yema.

Conclusiones

En gallinas Hy-Line W80 de 38-52 semanas del ciclo productivo no es necesario modificar la concentración de LisD, la cual no debe sobrepasar la concentración de 0.81%. El nivel óptimo de LisD para maximizar el peso del huevo, masa de huevo, conversión alimenticia acumulada y kilos de huevo acumulados por gallina alojada fue de 0.81%, lo que equivale a un consumo diario de LisD de 863.9 mg. El uso de mayores niveles de LisD puede disminuir la productividad, desgastar las reservas energéticas corporales, conducir a mayor excreción de nitrógeno contaminante ambiental y mayor costo económico.

Bibliografía

1. Akbari Moghaddam Kakhki R, Golian A, Zarghi H. 2016. Effect of dietary digestible lysine concentration on performance, egg quality, and blood metabolites in laying hens. *J. Appl. Poult Res.* 25(4):506-517.
2. Angeles ML, Gómez RS. Efecto del nivel de lisina digestible y del perfil ideal de aminoácidos sobre el requerimiento de lisina en gallinas Hy-Line W-36 al final del primer periodo de postura. *Vet Mex.* 2005;36(3):279-294..
3. dos Santos, TA, Machado GA, Amaro Gonçalves LC, Pelícia Kléber R, Domingos Simão S. 2014. Digestible lysine levels in semi-heavy laying hens in the period from 28 to 44 weeks of age. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 36(2):145-150.

4. Hy-Line International. 2020. Hy-Line W36 Commercial Management Guide. Hy-Line International, West Des Moines, IA.
5. Hy-Line International. 2023. Hy-Line W80 Commercial Management Guide. Hy-Line International, West Des Moines, IA.
6. Leeson S, Summers JD. 2009. Commercial Poultry Nutrition. Tercera edición. Nottingham University Press. Nottingham, Inglaterra.
7. Lemme A. 2009. Amino acid recommendations for laying hens. Lohmann Information 44:21-32.
8. Macelline SP, Toghyani M, Chrystal PV, Selle PH, Liu SY. 2021. Amino acid requirements for laying hens: a comprehensive review. Poult Sci. 100(5):101036.
9. Pastore SM, Gomes PC, Viana GdS, da Silva EA, de Oliveira WP, Barbosa LVS, Fraga AZ, Alves WJ. 2018. Níveis de lisina digestível em rações para galinhas poedeiras leves no pico de produção. Bioscience 1:186–193.
10. Scappaticcio R, García J, Fondevila G, de Juan AF, Cámara L, Mateos GG. 2021. Influence of the energy and digestible lysine contents of the diet on performance and egg quality traits of brown-egg laying hens from 19 to 59 weeks of age. Poult Sci. 100(7):101211.

Evaluación de eubióticos en pollos de engorda y su efecto en el rendimiento productivo y salud intestinal



RESUMEN

Se evaluó la inclusión de diferentes eubióticos en dietas sorgo-pasta de soya para pollos. Se utilizaron 1000 pollos machos de la estirpe Ross 308 de 1 a 42 días de edad. Se empleó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos con 8 repeticiones de 25 pollos cada una.

Los tratamientos fueron los siguientes: T1. Dieta basal sin APC (CON), T2. Como 1 + APC Enramicina (100 g/ton), T3. Como 1 + *Bacillus subtilis* 1×10^8 UFC/g, *Bacillus coagulans* 1×10^8 UFC/g y *Clostridium butyricum* 1×10^6 UFC/g (300 g/ton) Probiótico 1 (P1), T4. Como 3 + Probiótico 2 (P2) (silicatos específicos, mezcla de sustancias aromáticas y algas rojas) (500 g/ton) y T5. Como 1 + Fitobiótico (FIT) (mezcla de ácido benzoico, timol, eugenol y piperina) (300 g/ton). Los resultados obtenidos en peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia indicaron diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los tratamientos con eubióticos comerciales versus el tratamiento control. El amarillamiento de la piel en las canales fue similar ($p > 0.05$) entre tratamientos. Los tratamientos suplementados con eubióticos mostraron mayor altura de las vellosidades en duodeno ($p < 0.05$) en comparación con el tratamiento control, mientras que el grupo con P1+P2 presentaron ($p < 0.05$) vellosidades más largas en yeyuno e íleon. El tratamiento con FIT presentó una profundidad de las criptas mayor ($p < 0.05$) en duodeno y yeyuno, pero una relación longitud de vellosidad:profundidad de cripta menor ($p < 0.05$) en dichas porciones. En conclusión, la suplementación de los diferentes eubióticos en dietas para pollos de engorda, tuvo un efecto benéfico en los parámetros productivos, rendimiento y pigmentación de la canal, así como la integridad intestinal fueron similares a los obtenidos con APC.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 70 años; el empleo continuo de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción de carne ha generado preocupaciones y cuestionamientos sobre estas prácticas en los consumidores e instituciones gubernamentales, debido a la cantidad de residuos que llegan a contener en la carne de los animales y principalmente, por la aparición de cepas bacterianas resistentes a antibióticos terapéuticos y a la transferencia de sus genes de la microbiota animal a la humana (Gutiérrez et al., 2013). Se requiere encontrar alternativas naturales con efectos benéficos similares a los APC, con el objetivo de limitar el número de microorganismos patógenos intestinales, mejorar la capacidad de absorción del intestino y por ende mejorar los parámetros productivos, así como promover el bienestar animal, el cuidado del medio ambiente y la salud del consumidor (Gadde et al., 2017; Mehdi et al., 2018).

Los miembros del género *Bacillus* son las especies bacterianas más atractivas y prometedoras para su uso como probióticos en la alimentación animal, debido a su capacidad para producir endosporas, su estabilidad térmica y su resistencia a pH bajos, permitiéndoles una mejor viabilidad durante su preparación, transporte y almacenamiento, además de una mayor supervivencia durante su tránsito por la barrera gástrica, lo que permite llegar al intestino delgado para ejercer sus propiedades probióticas (Mingmongkolchai y Panbangred, 2018). Otro género bacteriano prometedor son las cepas de Clostridios que aunque son patógenos bien conocidos, algunas especies recientemente se han considerado y usado como probióticos en países asiáticos, tal es el caso de *Clostridium butyricum*, quien tiene la capacidad de producir e incrementar las concentraciones de ácido butírico en el intestino cecal de las aves (Syejstil et al., 2019), así como endosporas, lo que le permite sobrevivir al pH bajo y a las concentraciones elevadas de bilis presentes en el intestino delgado en comparación con las bacterias del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, además, de resistir altas temperaturas, lo que lo convierte en un buen aditivo para piensos (Zhang et al., 2016).

Los aditivos fitogénicos para alimentos, también denominados fitobióticos o botánicos, son compuestos bioactivos naturales que se derivan de plantas para su incorporación en el alimento ya sea en forma sólida (polvo/granulado) o líquida con la finalidad de mejorar la productividad de los animales. Los efectos benéficos tanto terapéuticos como medicinales de los extractos de plantas se deben a su composición de fitoquímicos activos o bioactivos específicos que contengan. Estos componentes biológicamente activos son en su mayoría metabolitos secundarios, como: compuestos fenólicos (taninos, flavonoides, lignanos, ácidos fenólicos, etc.), glucósidos (saponinas), terpenoides (aceites esenciales) y alcaloides (alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, lactonas, etc.) (Cheng et al., 2014).

Los aceites esenciales son aceites o esencias volátiles presentes en plantas aromáticas caracterizados por sus olores distintivos y su resistencia a la hidrólisis. Pueden aislarse de diversas partes de las plantas (flores, capullos, semillas, hojas, ramas, corteza, frutos y raíces) por medio de destilación al vapor y prensado; sus componentes principales son los terpenoides (linalol, geraniol, borneol, mentol, tujanol, citronilol y α -terpineol), fenoles (timol, carvacrol, eugenol, gaiacol) y aldehídos aromáticos (cinamaldehído, cuminal y felandral), además, de contener en menor proporción alcoholes y ésteres; son sintetizados por las plantas para protegerse de plagas y microorganismos, atraer insectos polinizadores y para procesos de señalización (Leyva et al., 2017).

“

Con estos antecedentes, se realizó la presente investigación donde se evaluó la adición de diferentes eubióticos, compuestos principalmente de silicatos específicos, mezcla de

sustancias aromáticas y algas rojas, bacterias probióticas como *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans*, *Clostridium butyricum* y aceites esenciales (timol, eugenol, piperina) con un ácido orgánico (ácido benzoico) en dietas para pollos de engorda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 1000 pollos de engorda machos de 1 día de edad de la estirpe Ross 308, los cuales fueron alojados en una caseta de ambiente natural en corrales de piso con una dimensión de 3 m² con cama de viruta de madera, en donde se les proporcionó a las aves agua y alimento a libre acceso durante 42 días. Las dietas basales empleadas estuvieron constituidas principalmente por sorgo-pasta de soya formuladas conforme a lo señalado en el manual de la estirpe. Las aves fueron vacunadas contra la Enfermedad de Newcastle vía ocular y contra la Enfermedad de Newcastle + Influenza Aviar por vía subcutánea.

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado, que constó de 5 tratamientos (Tratamiento 1.- Dieta basal sin APC (control negativo) (CON), Tratamiento 2.- Como 1 + APC (100 g/ton), Tratamiento 3.- Como 1 + P1 (300 g/ton), Tratamiento 4.- Como 1 + P1 y P2 (500 g/ton), Tratamiento 5.- Como 1 + FIT (300 g/ton), adicionados al alimento con 8 repeticiones de 25 pollos cada una.

Se registraron ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad. A los 42 días fueron sacrificadas 8 aves por tratamiento; para histología se colectaron muestras de aproximadamente 2 cm de duodeno, yeyuno e íleon, la técnica de fijación usada fue por perfusión intraluminal e inmersión en formalina al 10% amortiguada a pH de 7.2, posteriormente fueron procesadas por las técnicas de rutina; inclusión en parafina y tinción con hematoxilina y eosina (Hall, 1995; Allen, 1995).

Una vez finalizado el estudio, fueron sacrificadas 25 aves por tratamiento. Se evaluó el rendimiento de canal por tratamiento y se determinó la pigmentación in vivo y cutánea de las canales, utilizando un colorímetro de reflectancia (Minolta CR-400), midiendo los valores a* (enrojecimiento) y b* (amarillamiento) conforme al sistema internacional de iluminación (CIElab).

Al presentar diferencia estadística entre tratamientos ($P < 0.05$), los datos de las variables en estudio se sometieron a un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ($P < 0.05$).

RESULTADOS

Parámetros productivos

Los resultados en 42 días de experimentación para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad se pueden apreciar en el Cuadro 1. Se puede observar que en ganancia de peso existió diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos, con mayor ganancia de peso en los tratamientos APC (2331.4 g), P1 (2326.4 g), FIT (2312.6 g) y P1+P2 (2308.0 g) respectivamente, en comparación con el tratamiento 1 (2230.4 g). Para la variable conversión alimenticia, se observó una disminución ($p < 0.05$) en los tratamientos con APC (1.65), P1 (1.65), P1+P2 (1.66) y FIT (1.66); teniendo un mayor índice de conversión el tratamiento control

(1.69). Finalmente, en las variables consumo de alimento y porcentaje de mortalidad no existió diferencia ($p>0.05$) entre tratamientos.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia (kg:kg)	Mortalidad (%)
T1.- CON	2230.4 ^a	3789.3 ^a	1.70 ^a	2.50 ^a
T2.- APC	2331.4 ^b	3853.8 ^a	1.65 ^b	6.00 ^a
T3.-P1	2326.4 ^b	3856.8 ^a	1.66 ^b	3.00 ^a
T4.- P1+P2	2308.0 ^b	3831.2 ^a	1.66 ^b	4.00 ^a
T5.- FIT	2312.6 ^b	3853.2 ^a	1.67 ^b	4.50 ^a
Probabilidad	<0.0001	0.15	<0.0001	0.88
EEM	7.53	9.84	0.004	1.25

Cuadro 1

Resultados promedio de parámetros productivos en pollos de 42 días de edad alimentados con diferentes eubióticos.



Rendimiento y pigmentación de la canal

Los resultados de la coloración de la piel en vivo y de la canal se pueden ver en el Cuadro 2. Se puede observar que en los datos del enrojecimiento de la piel en vivo no existió diferencia ($p>0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, en el enrojecimiento de la piel de la canal existió diferencia (<0.05) entre tratamientos, con mayor enrojecimiento en el tratamiento P1 (4.63) seguidos por los tratamientos APC (3.70) y P1+P2 (3.05); con menores valores de enrojecimiento de la piel en los tratamientos CON (2.68) y FIT (2.18). Para el caso del amarillamiento de la piel en vivo y de las canales los datos obtenidos no indicaron diferencia significativa ($p>0.05$) entre tratamientos.

Tratamiento	Enrojecimiento de la piel (a*)		Enrojecimiento de la piel (b*)	
	Pigmento vivo	Pigmento canal	Pigmento vivo	Pigmento canal
T1.- CON	1.87 ^a	2.68 ^a	19.57 ^a	40.23 ^a
T2.- APC	1.80 ^a	3.70 ^{ab}	20.27 ^a	40.54 ^a
T3.-P1	2.49 ^a	4.63 ^a	18.76 ^a	39.57 ^a
T4.- P1+P2	1.87 ^a	3.05 ^{ab}	19.53 ^a	41.61 ^a
T5.- FIT	1.89 ^a	2.18 ^a	18.85 ^a	40.70 ^a
Probabilidad	0.39	0.006	0.25	0.27
EEM	0.12	0.24	0.24	1.29

Cuadro 2

Resultados promedio obtenidos de pigmentación de la piel en pollos de 42 días alimentados con diferentes eubióticos.



Integridad de las vellosidades intestinales

Los datos promedio para la longitud de vellosidades y profundidad de criptas se pueden observar en el Cuadro 3. Para el caso de duodeno, la longitud de las vellosidades mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos, con menor longitud de las vellosidades en el tratamiento CON (2028 μm), en relación con los tratamientos APC (2203 μm), FIT (2221 μm), P1+P2 (2227 μm) y P1 (2354 μm) respectivamente. Para la profundidad de cripta, se encontró diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos, con mayor profundidad de cripta en el tratamiento FIT (377 μm) seguido por los tratamientos P1+P2 (335 μm) y P1 (306 μm); y con menor profundidad de cripta en los tratamientos CON (293 μm) y APC (287 μm). Para la porción intestinal yeyuno, existió diferencia ($p < 0.05$) en la longitud de vellosidades entre tratamientos, con menor longitud de vellosidades el tratamiento testigo (1091 μm), seguido por los tratamientos con APC (1160 μm), FIT (1191 μm) y P1 (1210 μm); con una mayor longitud de vellosidades en el tratamiento con P1+P2 (1263 μm). Para la variable profundidad de cripta, de igual manera, se observó diferencia estadística ($p < 0.05$) entre tratamientos, con mayor profundidad en el tratamiento FIT (268 μm), seguido de los tratamientos CON (239 μm), PF (245 μm) y P1+P2 (245 μm) respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con APC (226 μm) obtuvo la menor profundidad de cripta. En la porción íleon, los resultados de la longitud de vellosidad indicaron diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos, con una menor longitud en el tratamiento CON (809 μm), seguido por los tratamientos APC (858 μm), FIT (865 μm) y P1 (870 μm) respectivamente. No obstante, el tratamiento P1+P2 (909 μm) tuvo la mayor longitud de las vellosidades. Los resultados de la profundidad de cripta mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) entre los tratamientos, con menor profundidad de cripta en el tratamiento P1 (190 μm), seguido por los tratamientos CON (200 μm), P1+P2 (204 μm) y FIT (210 μm) respectivamente; con una mayor profundidad de cripta en el tratamiento APC (230 μm).

Tratamiento	Deudeno		Yeyuno		Íleon	
	Longitud de vellosidad (µm)	Profundidad de cripta (µm)	Longitud de vellosidad (µm)	Profundidad de cripta (µm)	Longitud de vellosidad (µm)	Profundidad de cripta (µm)
T1.- CON	2028 ^a	293 ^a	1091 ^a	239 ^{ab}	809 ^a	200 ^{ab}
T2.- APC	2203 ^b	287 ^a	1160 ^{ab}	226 ^a	858 ^{ab}	230 ^b
T3.-P1	2254 ^b	306 ^{ab}	1210 ^{bc}	245 ^{ab}	870 ^{ab}	190 ^a
T4.- P1+P2	2227 ^b	335 ^b	1263 ^c	245 ^{ab}	909 ^b	204 ^{ab}
T5.- FIT	2221 ^b	377 ^c	1191 ^{bc}	268 ^b	865 ^{ab}	210 ^{ab}
Probabilidad EEM	0.001 18.70	<0.0001 5.37	<0.0001 9.90	0.02 4.10	0.04 10.08	0.006 3.53

Cuadro 3

Resultados promedio de longitud de vellosidades y profundidad de cripta del deudoneo, yeyuno e íleon en pollos de 42 días alimentados con diferentes eubióticos.



DISCUSIÓN

Parámetros productivos y pigmentación de la piel

Los resultados en ganancia de peso y conversión alimenticia mostraron ser mejores en el tratamiento con P1, al tener 4.3% mayor peso y 0.04 puntos menor en conversión alimenticia que el tratamiento CON. Esto se puede deber a los mecanismos de acción que ejercen los microorganismos probióticos que lo conforman, debido a que, dichas bacterias del género *Bacillus* y *Clostridium* son especializadas en formar esporas que promueven la salud y desarrollo intestinal con efecto inmunomodulador, además de sintetizar vitaminas (K y algunas del complejo B) y enzimas (amilasa, celulasa y proteasa) las cuales coadyuvan en el proceso de digestión nutrientes y por ende proporcionar una mejora en la salud intestinal para el aprovechamiento de los nutrientes. Resultados parcialmente similares a los nuestros los obtuvo Margarito (2022), quien evaluó la inclusión de los mismos microorganismos probióticos utilizados en la presente investigación (*Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* y *Clostridium butyricum*), además, de la inclusión del APC enramicina; los resultados obtenidos por la autora indicaron que el tratamiento a base de estos microorganismos adicionados al alimento (DFM) obtuvo 5.4% más de ganancia de peso respecto al tratamiento control y 0.85% más contra el tratamiento con enramicina, sin embargo, en las variables consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad no mostraron diferencia entre tratamientos.

En otra investigación realizada por Zhang et al., (2021), evaluaron el efecto de la suplementación de un solo microorganismo probiótico como fue *Bacillus subtilis* (750 g/ton) en comparación con bacitracina de zinc (250 g/ton) en dietas con maíz-pasta de soya. Estos autores observaron que la suplementación con *Bacillus subtilis*

mejoró significativamente la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia respecto al tratamiento control (sin APC ni probiótico), aunque obtuvieron resultados similares con el tratamiento de bacitracina de zinc, mientras que el consumo diario de alimento y la mortalidad no fueron significativamente diferentes en todos los tratamientos.

Diversos estudios en la literatura han reportado efectos nulos o mínimos sobre el rendimiento productivo al utilizar probióticos en la producción animal, esto podría deberse a las variaciones en la eficacia de los diferentes probióticos, por las diferentes especies de microorganismos utilizados, sus métodos de preparación, estabilidad, concentración y a sus características y mecanismos de acción que permiten su supervivencia en el tracto gastrointestinal, así como a factores de estrés, como el clima y el manejo de las aves (Margarito, 2022). Caso parecido fue el que tuvieron De Souza et al., (2018), quienes demostraron que la adición de *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Bifidobacterium bifidum* y *Enterococcus faecium* en el alimento de pollos de engorda, no tiene un efecto significativo en ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, así como en rendimiento de canal, en comparación con el tratamiento basal. Los autores concluyeron que dichos resultados se debieron a la disminución de la viabilidad de los microorganismos probióticos utilizados, así como, al bajo consumo de alimento obtenido, reduciendo la dosis de microorganismos que llegan correctamente al TGI, bajando de esta forma su efectividad.

En cuanto al fitobiótico utilizado, se mostró una mejor ganancia de peso con un 3.7% superior al tratamiento control y una disminución de la conversión alimenticia (1.67 vs 1.70) contra dicho tratamiento. Los efectos positivos que tienen los aceites esenciales en el TGI de las aves pueden ser un factor de mejora en el rendimiento productivo, debido a que permiten restaurar y mejorar el equilibrio de la microbiota intestinal y de esta forma aumentar la absorción de nutrientes (Guoqi et al., 2021). Cruz et al., (2012), evaluaron la adición de FIT en dietas de pollos de engorda a base de maíz + pasta de soya como una alternativa a los APC; utilizando los siguientes tratamientos: control negativo sin APC, con avilamicina (10 ppm/ton), con FIT (300 ppm/ton) de 1-42 días; con avilamicina de 1-21 días + FIT de 22 a 42 días y una dieta con avilamicina y FIT de 1-42 días. Estos autores observaron que la inclusión de FIT en las dietas tuvo un efecto benéfico en el desempeño productivo de los pollos, al igual que el presente estudio; teniendo como resultado que la ganancia de peso del tratamiento control fue significativamente más baja en comparación con los demás tratamientos, sin embargo, a diferencia de nuestros resultados, aquí se mostró que las aves del tratamiento con FIT tuvieron la ganancia de peso más alta incluso mayor que la del tratamiento con APC. De igual forma que en nuestro estudio, las dietas suplementadas con FIT y/o avilamicina mejoraron la conversión alimenticia en comparación con el tratamiento control, además, de no observar diferencias estadísticas entre los tratamientos para el consumo de alimento y porcentaje de mortalidad. Díaz et al., (2015) sugirieron que la eficiencia de los fitobióticos como aditivos alimentarios se basa en los componentes de los aceites esenciales y los efectos sinérgicos de las moléculas activas en las plantas o extractos, por lo cual, para lograr mejoras en el rendimiento productivo en los animales, es importante seleccionar las plantas adecuadas con los componentes deseados en una dosis óptima para la suplementación en las dietas.

La pigmentación de las canales, por lo general no ha sido evaluada por autores en investigaciones realizadas en pollos con la suplementación de eubióticos en la dieta, posiblemente debido a la poca importancia que tiene la pigmentación de la piel de los pollos en algunos países; sin embargo, esta pigmentación de la canal es importante en los consumidores mexicanos, debido a que se sienten atraídos por el color, ya que lo relacionan con productos frescos y de alta calidad, lo que permite la aceptación o rechazo del producto.

En el presente experimento para el amarillamiento de la piel de la canal no se encontró diferencia estadística entre tratamientos, sin embargo, para el valor enrojecimiento de dichas canales fue mayor en el tratamiento con P1. Resultados similares a los nuestros los obtuvieron Pelicano et al., (2003), al no encontrar diferencia entre el amarillamiento de las canales con dietas control (5.25) y con la inclusión de probióticos (4.33). Mientras que los valores de enrojecimiento fueron mayores en los grupos tratados con probióticos (4.52) comparándolo con el

grupo control (3.79) después del sacrificio de las aves. En otro estudio, Cortes et al., (2000) realizaron un experimento en donde evaluaron la pigmentación de la piel en pollos de 49 días de edad, alimentados con una dieta a base de sorgo + pasta de soya, con la inclusión o no de *Bacillus toyoi* (1010 esporas/g) en el alimento. Dichos autores, obtuvieron resultados con una tendencia a ser mejor el color de las canales de pollos alimentados con la adición de *Bacillus toyoi*, mostrando 5.6% mayor de amarillamiento y más del doble de enrojecimiento (1.88 vs 0.69) en comparación con las canales sin la inclusión del probiótico, de forma similar, Bai et al., (2016) encontraron que *Bacillus subtilis* disminuye el amarillamiento y aumenta el enrojecimiento de las canales, por tal razón, al consumir las aves en su dieta algún probiótico, este mejora la salud intestinal, lo que permite una mayor absorción de los pigmentos (Cortes et al., 2000).

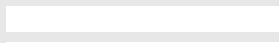
Integridad de las vellosidades intestinales

El grupo suplementado P1 presentó una longitud de vellosidad significativa del 11% mayor en comparación con el grupo control, siendo el tratamiento eubiótico que obtuvo las vellosidades más largas en el duodeno.

Para las porciones yeyuno e íleon, el tratamiento suplementado con P1+P2 presentó longitudes de vellosidad estadísticamente del 6% y 2% mayores respectivamente en comparación con el grupo control, siendo este tratamiento el que obtuvo las vellosidades más largas en ambas porciones intestinales, mientras que el grupo suplementado con el fitobiótico mostró numéricamente las vellosidades más cortas de los eubióticos evaluados en las tres porciones del intestino, pero siendo superiores al grupo control en dichas porciones.



“El eubiótico P1, mostró una profundidad de cripta similar al resto de los tratamientos eubióticos en la porción intestinal de duodeno y yeyuno, teniendo los tres grupos criptas más profundas en comparación con el tratamiento control”.



Sin embargo, en el íleon mostró lo contrario con criptas numéricamente menos profundas y similares a los tratamientos control, P1+P2 y FIT

La evaluación morfométrica de profundidad de cripta en el presente estudio, mostró estadística y numéricamente la mayor profundidad de cripta en la porción intestinal del duodeno y yeyuno respectivamente, mientras que en el íleon su comportamiento fue similar a los grupos con P1 y P1+P2. El aumento significativo en la longitud de las vellosidades intestinales, en la relación longitud de vellosidad:profundidad de cripta y en el grosor de la mucosa respecto al tratamiento control, es una explicación del rendimiento productivo obtenido en los tratamientos eubióticos en el presente estudio, demostrando que las cepas probióticas *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* y *Clostridium butyricum* mejoraron la morfología intestinal de las aves; resultados similares a los obtenidos por Li et al., (2019) y Rivera et al., (2021) quienes evaluaron los efectos de diferentes cepas de *Bacillus spp* sobre los cambios de la morfología intestinal en pollos de engorda.

El tener un aumento en la altura de las vellosidades intestinales y una disminución de la profundidad de la cripta indica epitelios maduros, sanos y funcionalmente activos, capaces de una mayor absorción de nutrientes disponibles (Adebiyi et al., 2012; Rivera et al., 2021), en contraste, al tener vellosidades cortas disminuirá la

superficie de absorción de los nutrientes y por lo tanto el rendimiento productivo de los animales (Escobar, 2018); mientras, una cripta de mayor profundidad indicará un rápido recambio celular y una alta demanda por un nuevo tejido intestinal (Pacha, 2000), por lo que, la profundidad de las criptas refleja la actividad de diferenciación de los enterocitos, siendo las responsables de la proliferación celular a lo largo del intestino; las criptas que presentan una mayor profundidad están asociadas a un mayor gasto nutricional para el mantenimiento del intestino disminuyendo la absorción de los nutrientes y por ende la eficiencia productiva (Pérez, 2018; Montoya, 2019).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir:

1. La inclusión de los diferentes eubióticos; en dietas sorgo-pasta de soya para pollos de engorda de 1 a 42 días de edad, tuvieron un efecto benéfico en el peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia, similar al APC.
2. La adición de los diferentes eubióticos en el amarillamiento y enrojecimiento de la piel de las canales, fue similar al empleo de APC.
3. El empleo de eubióticos incrementó la longitud de las vellosidades, profundidad de las criptas y grosor de la mucosa intestinal en duodeno, yeyuno e íleon.
4. La inclusión de los eubióticos presentaron resultados similares en las variables evaluadas respecto al APC Enramicina, por lo que resultan ser una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento en dieta para pollos de engorda.

Literatura citada

1. Gutiérrez, L., Montoya, L. and Vélez, J. (2013) Probióticos: una alternativa de producción limpia y de remplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal. *Producción + Limpia*, 8 (1), 135-146.
2. Gadde, U., Kim, W.H., Oh, S.T. and Lillehoj, H.S. (2017) Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Animal Health Research Reviews*. Cambridge University Press, 18 (1), 26-45.
3. Mehdi, Y., Létourneau, M.M., Gaucher, M., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S.K., Côté, C., Ramírez, A. and Godbout, S. (2018) Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4 (2), 170 - 178.
4. Svejstl, R., Plachy, V., Joch, M., Salmonova, H., Duskova, D., Hautekiet, V. and Vlkova, E. (2019) Effect of probiotic *Clostridium butyricum* CBM 588 on microbiota and growth performance of broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci*, 64 (9), 387-394.
5. Zhang, L., Zhang, L., Zhan, X., Zeng, X., Zhou, L., Cao, G., Chen, A. and Yang, C. (2016) Effects of dietary supplementation of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune response, intestinal barrier function, and digestive enzyme activity in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88. *J Animal Sci Biotechnol*, 7 (3), 1-9.
6. Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L. and Yuan, Z. (2014) Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? *Frontiers in microbiology*, 5, 217.

7. Leyva, L.N., Gutiérrez, G.E.P., Vazquez, O.G. and Heredia, J.B. (2017) Essential Oils of Oregano: Biological Activity beyond: Their Antimicrobial Properties. *Molecules* (Basel, Switzerland), 22, (6), 989.
8. Zhang, S., Zhong, G., Shao, D., Wang, Q., Hu, Y., Wu, T., Ji, C. and Shi, S. (2021) Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* promotes growth performance of broilers by altering the dominant microbial community, *Poultry Science*, 100 (3), 1-13.
9. Margarito, M.R. (2022) Efecto de la inclusión de probióticos en dietas maíz-soya-DDGS para pollos de engorda sobre parámetros productivos. Tesis de licenciatura no publicada. CDMX, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
10. De Souza, L., Araújo, D., Stefani, L., Giometti, I., Cruz, V., Polycarpo, G. and Burbarelli, M. (2018) Probiotics on performance, intestinal morphology and carcass characteristics of broiler chickens raised with lower or higher environmental challenge. *Austral journal of veterinary sciences*, 50 (1), 35-41.
11. Guoqi, S., Lan, W., Xuanwu, Z., Xiying, W., Daiwen, C., Bing, Y., Zhiqing, H., Yuheng, L., Xiangbing, M., Ping, Z., Jie, Y., Junqiu, L. and Jun, H. (2021) Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers. *Poultry Science*, 100 (8).
12. Cruz, P., Schröder, L. and Pires, A. (2012) Effects of a combination of benzoic acid and essential oil compounds on broilers performance and health. [en línea] disponible en [Consulta: 10 enero 2022].
13. Diaz, S., D'Souza, D., Biswas, D. and Hanning, I. (2015) Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production¹, *Poultry Science*, 94 (6), 1419-1430.
14. Lee, K.W., Everts, H., Kappert, H.J., Frehner, M., Losa, R. and Beynen, A. (2003) Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British poultry science*, 44, 450-457.
15. Pelicano, E.R.L., De Souza, P.A., De Souza, H.B.A., Oba, A., Norkus, E.A., Kodawara, L.M. and De Lima, T.M.A. (2003) Effect of different probiotics on broiler carcass and meat quality. *Braz. J. Poult. Sci*, 5 (3).
16. Cortés, A., Ávila, E., Casaubon, M.T. (2000) El efecto del *Bacillus toyoi* sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda. *Vet. Méx*, 13 (4), 301-308.
17. Rivera, W., Lan, W., Barquero, E. and Chaves, A. (2021) Effect of the use of probiotic *Bacillus subtilis* (QST 713) as a growth promoter in broilers: an alternative to bacitracin methylene disalicylate. *Poultry Science*, 100 (9).
18. Li, C., Wang, J., Zhang, H., Wu, S., Hui, Q., Yang, C., Fang, R. and Qi, G. (2019) Intestinal Morphologic and Microbiota Responses to Dietary *Bacillus* spp. in a Broiler Chicken Model. *Frontiers in Physiology*, 9.
19. Escobar, P. (2018) Efecto de polen, lactosa y su combinación sobre la digestibilidad e integridad de la mucosa en pollos broiler. Tesis de licenciatura no publicada. Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
20. Pacha, J. (2000) Development of intestinal transport function in mammals. *Physiol. Rev*, 80 (4), 1633-1677.

21. Pérez, O.N. (2018) Comparación de dos diferentes dietas en pavos Nicholas 700 sobre sus parámetros productivos, rendimiento de canal, alometría del tracto gastrointestinal e integridad de las vellosidades intestinales. Tesis de licenciatura. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
22. Montoya, M. (2019) Estrategias nutricionales para reducir el uso de antibióticos promotores de crecimiento en dietas para pollos sobre la respuesta productiva y salud intestinal. Tesis de maestría no publicada. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
23. Adebisi, O.A., Makanjuola, B.A., Bankole, T.O. and Adeyori, A.S. (2012) Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) Supplementation: Effect on the Performance and Gut Morphology of Broiler Birds. *Global J. Sci. Frontier Res. Biol. Sci.*, 12 (6), 25-29.

La importancia de la vitamina (hormona) D en vacas lecheras

RESUMEN

En los bovinos, **la vitamina D se obtiene a través de la exposición solar, el consumo de alimento o cuando se administra de manera parenteral**. Posteriormente, se convierte en diversos metabolitos hasta su forma más bioactiva, el calcitriol el cual actúa sobre receptores localizados en diversos órganos, debido a esto se considera una hormona más que una vitamina. De las funciones más estudiadas del calcitriol están la regulación de concentraciones sanguíneas de calcio a través de la absorción intestinal de calcio y la estimulación de la resorción ósea. Estudios recientes sugieren otras funciones importantes por la presencia de su receptor en diferentes células, entre ellas del sistema inmune. Las dosis sugeridas para su suplementación en el alimento se encuentran bajo investigación. Actualmente, el NRC propone dosis de suplementación de los diferentes metabolitos de la vitamina D, basados en su acción mineralizante a nivel óseo. Sin embargo, estudios recientes sugieren que las dosis con efectos reguladores del sistema inmune bovino podrían ser mayores. Adicionalmente, existen diversos factores como raza, color de pelo, sistema de producción, latitud, etc., que podrían influir en la síntesis y en los requerimientos de vitamina D y por lo tanto en la cantidad a suplementar en la dieta, por lo que su estudio es un área de oportunidad para la investigación.

INTRODUCCIÓN

La hipocalcemia es una enfermedad metabólica de gran importancia en la producción de leche bovina. Durante el periodo periparto, las demandas fisiológicas de calcio aumentan por el inicio de la producción de leche, ya que se secreta alrededor de 30-40g de calcio al día (Seifi & Kia, 2017). Cuando estas demandas de calcio exceden los mecanismos compensatorios, las vacas presentan un cuadro de hipocalcemia. Se ha encontrado que aproximadamente uno de un 5-10% de las vacas frescas presentan hipocalcemia clínica y un 30-50% presentan hipocalcemia subclínica (Vargas, 2015; Seifi & Kia, 2017).

En el bovino, las concentraciones normales de calcio en sangre se encuentran entre 2.1-2.5 mmol/L (Seifi & Kia, 2017). Cuando la concentración de calcio está por debajo del límite inferior, la vaca puede presentar hipocalcemia subclínica o clínica. Para recuperar la concentración sérica de Ca se activan diversos mecanismos fisiológicos, dentro de los cuales destaca la participación de los metabolitos de la vitamina D, por lo que su demanda aumenta. Se ha observado también que las vacas que presentan hipocalcemia tienen mayor riesgo de presentar diversas infecciones en los días subsecuentes, esto es debido a que el calcio juega un papel muy importante en la regulación del sistema inmune (Martínez *et al* 2018).

Sin embargo, **el calcitriol** también tiene funciones similares al calcio. A este compuesto se le conoce también como vitamina D activa, sin embargo, debido a que este compuesto actúa sobre receptores en diversas células y tejidos de manera similar a las hormonas actualmente se considera más una hormona que una vitamina, por lo que en este escrito será utilizado con mayor frecuencia el nombre de calcitriol. Se ha descrito con mucha claridad el papel que juega el calcitriol en la regulación de la calcemia, sin embargo, se han encontrado muchas funciones diferentes en el organismo, por lo que la finalidad de este artículo es destacar el papel de los

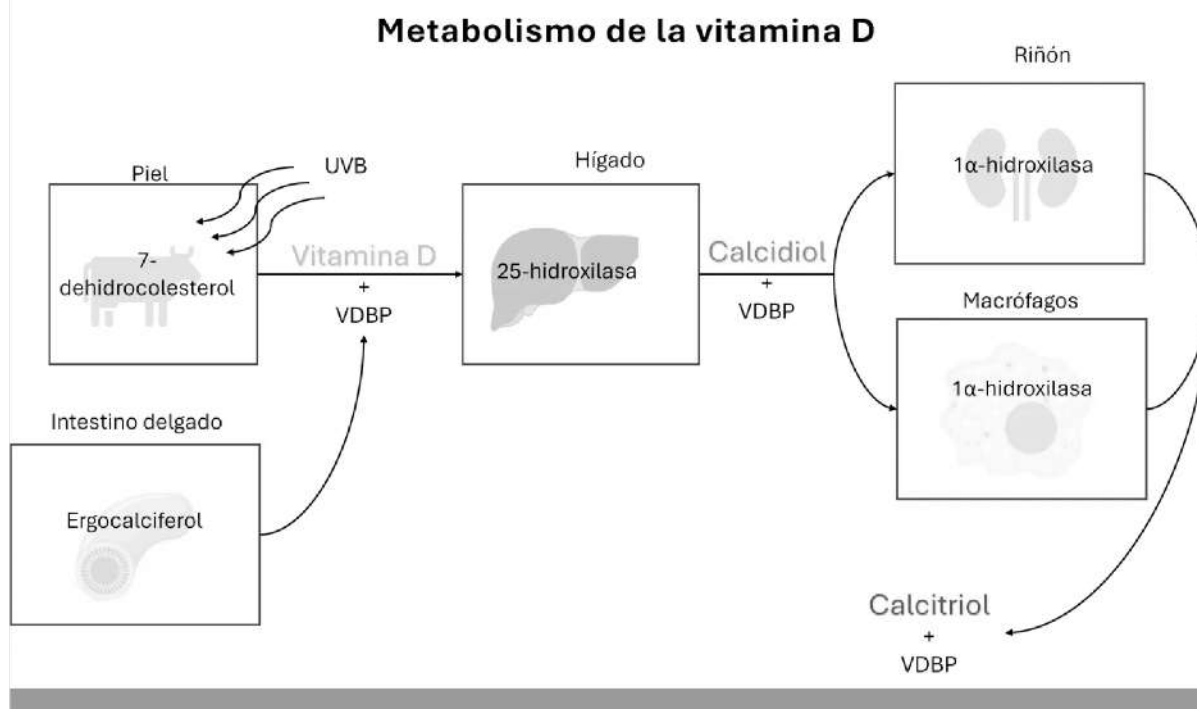
metabolitos de la vitamina D en la regulación de la normocalcemia, así como otras funciones de regulación en el sistema inmune y en la prevención de enfermedades durante el periodo de transición en la vaca lechera.

METABOLISMO DE LA VITAMINA D

Los bovinos al igual que muchos animales obtienen la vitamina D a través de tres vías, del alimento, de la exposición solar o cuando se administra de forma parenteral (NRC, 2001; Dusso *et al.*, 2005). Dependiendo de su origen la vitamina D se encuentra en forma de ergocalciferol (vitamina D₂) proveniente de los hongos que crecen en los vegetales, o en forma de colecalciferol (vitamina D₃) cuando proviene de la síntesis en la piel de fuentes animales. Ambas formas se metabolizan de manera similar (Eder & Grundmann, 2022) y son capaces de llevar a cabo funciones biológicas, sin embargo, el colecalciferol es el más bioactivo por su mayor afinidad a receptores que le confiere características diferentes en su vida media y actividad biológica.

La vitamina D también es considerada una prohormona (Dusso *et al.*, 2005; Eder & Grundmann, 2022) porque sus metabolitos el calcidiol y el calcitriol actúan sobre receptores de manera similar a las hormonas. La vitamina D₃ se produce en la piel, al nivel de la epidermis, en esta se encuentra una molécula llamada 7-dehidrocolesterol, el cual por incidencia de los rayos UV tipo B se transforma en previtamina D. Posteriormente por acción de la temperatura corporal se suma otro cambio de forma dando paso al colecalciferol o vitamina D₃. Si el colecalciferol o ergocalciferol son consumidos a través del alimento, por su naturaleza lipofílica, se absorbe en estructuras llamadas quilomicrones a nivel de intestino pasando al sistema linfático y posteriormente al espacio intravascular (Eder & Grundmann, 2022). Una vez en sangre el 99% de los metabolitos se unen a una proteína transportadora de vitamina D (VDBP, por sus siglas en inglés) (Kochupillai *et al.*, 2008) el resto se puede unir a albúmina o quedar libre. Cuando la vitamina D se une a la VDBP viaja al hígado donde, a través de la acción de la enzima 25-hidroxilasa, se une un grupo hidroxilo en el carbono 25 teniendo como resultado a la 25-hidroxivitamina D o calcidiol. Posteriormente, el calcidiol es liberado a la sangre y se une a la VDBP para que llegue a diversas células y tejidos. En estos, el calcidiol se une con el receptor de vitamina D (VDR) y se internaliza en las células en donde la enzima 1 α -hidroxilasa agrega otro grupo hidroxilo en el carbono 1 llegando así al metabolito más bioactivo, la 1-25 dihidroxivitamina D o calcitriol. Este proceso biológico ha sido extensamente estudiado en las células epiteliales de los túbulos contorneados proximales del riñón, sin embargo, en los últimos años se ha descubierto que la enzima 1 α hidroxilasa se activa también en diversos tejidos como la misma piel, el cerebro, la placenta, músculo, glándula mamaria y células del sistema inmune, entre otros lo cual nos hace suponer que el calcitriol tiene efectos en múltiples órganos y participa en la regulación de diversas funciones biológicas.

Figura 1. Esquema del metabolismo de la vitamina D en bovinos lecheros.



La VDBP tiene un papel más importante que solo transportar los metabolitos, también es una forma de almacenamiento (Hymoller & Jensen, 2017; Eder & Grundmann, 2022). Cuando los metabolitos están unidos a la VDBP dificulta la entrada a las células blanco (Dusso *et al.*, 2005), disminuyendo así su biodisponibilidad y degradación, aumentando su vida media en sangre. Sin embargo, este efecto depende de la afinidad que tiene cada metabolito, por ejemplo, la afinidad de esta proteína hacia el calcidiol es mayor, seguido por el calcitriol y finalmente hacia la vitamina D (Dusso *et al.*, 2005; Kochupillai, 2008).

En la ruta metabólica de la vitamina D, el calcitriol es el último producto con función biológica, sin embargo, se producen otros metabolitos inactivos con el propósito de evitar intoxicaciones. Cuando el calcitriol se encuentra en altas concentraciones se activan algunos mecanismos biológicos para su propia degradación. Uno de estos mecanismos es reducir la expresión de genes que codifican para la enzima 1α hidroxilasa, por otro lado, aumenta la expresión del factor de crecimiento de fibroblastos (FGF23) (Hodnik *et al.*, 2020) el cual inhibe la secreción de parathormona (PTH). Con estas acciones en conjunto se reduce la expresión de 1α hidroxilasa y la síntesis de calcitriol.

Además, este exceso de calcitriol promueve la activación de la enzima 24 hidroxilasa, la cual puede actuar en calcitriol y calcidiol agregando un grupo hidroxilo en el carbono 24 (Hodnik *et al.*, 2020) y después de varias reacciones se forma 24 - 25 dihidroxitamina D o ácido calcitroico, el cual no tiene acción biológica y puede ser eliminado fácilmente en la orina, ya que es una molécula hidrosoluble. Sin embargo, estos mecanismos han sido más estudiados en humanos y ratones, por lo que es de gran interés investigar cuáles y en qué magnitud se activan estas rutas de degradación de los metabolitos de la vitamina D en bovinos.

Existen otros factores que pueden afectar la síntesis de calcitriol, por ejemplo, el exceso de fósforo y calcio en la dieta inhibe la actividad de la 1α hidroxilasa (Slatopolsky, 1998). Por otro lado, el aumento en el pH reduce la afinidad de la PTH hacia sus receptores (Disthabanchong *et al.*, 2002). Además, se ha demostrado que la deficiencia de magnesio inhibe la secreción de PTH (Brown & Chen, 1989; Vetter & Lohse, 2002), en consecuencia, la actividad de la enzima 1α hidroxilasa se reduce y por ende se produce una menor síntesis de

calcitriol lo cual aumenta el riesgo de hipocalcemia posparto y otras enfermedades relacionadas.

FUNCIONES DEL CALCITRIOL

De manera general, **las funciones del calcitriol se clasifican en genómicas y no genómicas**. Esta clasificación está dada por su efecto sobre la transcripción de genes o mediadas por receptores de superficie de membrana, lo cual está asociado con la velocidad de respuesta. Los ejemplos más estudiados de las funciones no genómicas son el movimiento de calcio a nivel de intestino delgado de la membrana luminal a la basolateral; y en condrocitos donde modifica la producción de prostaglandina y su actividad proteasa teniendo como resultado la modificación de la matriz ósea y la calcificación. En las funciones genómicas el calcitriol estimula la transcripción de genes que codifican para diversas enzimas y proteínas las cuales regulan las múltiples funciones del calcitriol (Dusso, 2005).

La función más estudiada y de mayor importancia del calcitriol es la regulación de las concentraciones sanguíneas de calcio y fósforo. A nivel intestinal el calcitriol estimula la expresión de canales de calcio como TRPV5 y TRPV6 los cuales están implicados en la absorción de este mineral. Dentro del enterocito el calcitriol aumenta la expresión de genes para la síntesis de calbindina D_{9k}, la cual es una proteína que se une al calcio y facilita su paso a través del enterocito. Adicionalmente, el calcitriol incrementa la expresión de la bomba calcio ATPasa (PMCA1b), lo cual permite el paso de calcio hacia el torrente sanguíneo (Hernández-Castellano *et al.*, 2019). El calcitriol también estimula la expresión del cotransportador Na-P lo cual contribuye a la absorción de fósforo a nivel intestinal (Dusso *et al.*, 2005). En el hueso, junto con la PTH, el calcitriol estimula la resorción ósea a través del ligando del receptor nuclear Kappa beta (RANKL) en los osteoclastos (Suda *et al.*, 2012). Desde hace muchos años se ha demostrado que la deficiencia de vitamina D ocasiona raquitismo en niños y animales en crecimiento, el consumo de vitamina D resuelve este problema, pero a la fecha no se tiene claro el mecanismo mediante el cual la vitamina D participa en la formación de hueso nuevo.

Sin embargo, estudios recientes sugieren otras funciones importantes. Se ha descubierto que células diferentes a las renales también expresan el VDR y genes que codifican para la enzima 1 α -hidroxilasa, siendo capaces de internalizar calcidiol y convertirlo a calcitriol (Eder & Grundmann, 2022). Las células en las que se ha confirmado la presencia de estas características son células dendríticas, de la paratiroides, epiteliales de la glándula mamaria, células del endotelio vascular, enterocitos, células del estroma decidual, células del trofoblasto, células epiteliales de la próstata, queratinocitos y macrófagos, sin embargo, la función que desencadena en cada una aún no está clara (Eder & Grundmann, 2022). Lo anterior ha dado paso a la hipótesis que el calcitriol puede ser clave para desencadenar funciones importantes como inducción de la diferenciación celular, inmunomodulación y control de algunos sistemas hormonales (Dusso, 2005; Nelson *et al.*, 2012; Viera-Neto *et al.*, 2017).

En células del sistema inmune innato, tales como los monocitos, incrementa la expresión de la óxido nítrico sintetasa, RANTES (quimiocina de regulación por activación expresada y secretada por los linfocitos T) y una proteína de unión a calcio. (Nelson *et al.*, 2010).

En el sistema inmune adaptativo inhibe la proliferación de linfocitos T, producción de INF γ , IL-17A e IL-17F, en bovinos (Nelson *et al.*, 2012).

DEFICIENCIAS DE VITAMINA D Y SUS METABOLITOS

Para saber el estatus de vitamina D en animales, el metabolito por excelencia que se utiliza para su medición es el calcidiol. De acuerdo con el NRC, la concentración sanguínea ideal para el metabolismo del calcio en bovinos lecheros es de 20-30 ng/ml, cuando la concentración es menor a 5 ng/ml se considera deficiencia severa de

vitamina D (NRC, 2001; Eder & Grundmann, 2022), en este caso el animal puede presentar condiciones como raquitismo, osteomalacia, fracturas y laminitis (Dusso *et al.*, 2005).

Por otro lado, la concentración de calcidiol para una respuesta inmune óptima ha sido motivo de debate e investigación en los últimos años tanto en humanos como en animales. Wisnieski *et al.*, (2020) observaron que vacas lecheras con concentraciones por debajo de 71.4 ng/ml entre los 2 a 10 días posparto son más susceptibles a presentar enfermedades uterinas, con base en esto proponen al calcidiol como un posible marcador de enfermedades posparto en vacas lecheras. Otros estudios sugieren una relación entre las concentraciones bajas de calcidiol y la presentación de enfermedades específicas como paratuberculosis (Sorge *et al.*, 2013) o retención placentaria, metritis (Martínez *et al.*, 2018) e infecciones respiratorias (Nonnecke *et al.*, 2014). Además, se ha visto un efecto favorable de la aplicación local de calcidiol para la resolución de casos de mastitis bacterianas (Nelson *et al.*, 2011). Durante el periodo de transición la concentración de calcidiol disminuye ligeramente (Holcombe *et al.*, 2018), lo cual nos hace suponer el papel del calcidiol en la regulación de la respuesta inmune disminuida durante este periodo.

INTOXICACIÓN CON METABOLITOS DE VITAMINA D

Para que el calcidiol alcance dosis tóxicas se debería estar en valores por arriba de 300 ng/ml (NRC, 2001; Hodnik *et al.*, 2020). Esto podría ser consecuencia de una sobreestimulación del VDR que puede dar origen a calcinosis en tejidos blandos que se evidencia con los signos clínicos como emaciación, recumbencia, problemas de locomoción, aumento de la frecuencia respiratoria y cardiaca y disminución de la fertilidad (Hodnik *et al.*, 2020; Wisnieski *et al.*, 2020). Cabe resaltar que estos signos son vistos a largo plazo y no de manera inmediata al suplementar de manera excesiva con metabolitos de la vitamina D.

Algunas plantas como *Trisetum flavescens* y *Solanum malacoxylon* pueden contener altas concentraciones de metabolitos de la vitamina D y su consumo en exceso puede provocar intoxicación.

SUPLEMENTACIÓN

La mayoría de los ingredientes utilizados para la alimentación de bovinos son deficientes para cubrir los requerimientos diarios de vitamina D (Shimada *et al.*, 2017) propuestos por el NRC (21,000 UI/día), por lo que la suplementación en la dieta de ganado lechero es necesaria. Los metabolitos más usados son vitamina D y calcidiol, sin embargo, la dosis diaria para mejorar la función inmune sigue en investigación. El calcitriol se ha suplementado de manera experimental en bovinos a dosis de 200-300µg /día/animal (Viera-Neto *et al.*, 2017) y en algunas condiciones médicas en humanos, pero no se recomienda su uso rutinario por su alto riesgo de alcanzar dosis tóxicas.

En el caso de suplementación con colecalciferol, el NRC recomienda una dosis de 20 UI/kg PV/día considerando solo su efecto en la mineralización ósea. Sin embargo, algunos estudios han encontrado que la administración de 30 UI/kg de PV logra concentraciones de 42 ng/ml en sangre y 58 UI/ kg de PV alcanzan hasta 70 ng/ml (Wisnieski *et al.*, 2020; Eder & Grundmann, 2022) acercándose más a la dosis recomendada por Nelson *et al.*, 2016 (68±22 ng/ml) para mejorar la función inmune innata en ciertas etapas de la producción.

En el caso del calcidiol, se ha visto que dosis de 3mg/vaca/día han mejorado los parámetros productivos y de salud en vacas lecheras (Wilkens *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2018), sin embargo, esto debe tomarse con reserva, ya que la suplementación con cualquier metabolito de vitamina D dependerá de la capacidad de síntesis cutánea de vitamina D por lo que diversos factores tales como la latitud y altitud a la que se encuentran los animales, su color de pelo y piel, la disponibilidad de radiación solar debido a instalaciones y manejo pueden influir en las

concentraciones plasmáticas requiriendo mayor o menor cantidad de vitamina D en el alimento. Es por ello que se requiere hacer más investigación al respecto en latitudes más cercanas al Ecuador para poder establecer las dosis adecuadas considerando las condiciones particulares de cada unidad de producción.

Bibliografía

Dusso, A. S., Brown, A. J., & Slatopolsky, E. (2005). Vitamin D. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 289, F8-F28.

Eder, K. & Grundmann, S. M. (2022). Vitamin D in dairy cows: metabolism, status and functions in the immune system. *Archives of Animal Nutrition*, 76, 1-33.

Hernández-Castellano, L. E., Hernandez, L. L. & Bruckmaier, R. M. (2019). Review: Endocrine pathways to regulate calcium homeostasis around parturition and the prevention of hypocalcemia in periparturient dairy cows. *Animal*, 14(2), 330-338.

Hodnik, J. J., Jezek, J., & Staric, J. (2020). A review of vitamin D and its importance to the health of dairy cattle. *Journal of Dairy Research*, 87, 84-87.

Holcombe, A. J., Wisnieski, L., Gandy, J., Norby, B., & Sordillo, M. (2018). Reduced serum vitamin D concentrations in healthy early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1488-1494.

Hymoller, L., & Jensen, S. K. (2017). Plasma transport of ergocalciferol and cholecalciferol and their 25-hydroxylated metabolites in dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology*, 59, 44-52.

Kochupillai, N. (2008). The physiology of vitamin D: current concepts. *Indian Journal of Medical Research*, 127(3), 256-262.

Martínez, N., Rodney, R. M., Block, E., Hernandez, L. L., Nelson, C. D., Lean, I. J., & Santos, J. E. P. (2018). Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: lactation performance and energy metabolism. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2544-2562.

National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. (7a). Washington: National Academy Press.

Nelson, C. D., Reinhardt, T. A., Beitz, D. C., & Lippolis, J. D. (2010). In vivo activation of the intracrine vitamin D pathway in innate immune cells and mammary tissue during a bacterial infection. *PLoS One*, 5(11), e15469.

Nelson, C. D., Reinhardt, T. A., Lippolis, J. D., Sacco, R. E., & Nonnecke, B. J. (2012). Vitamin D signaling in the bovine immune system: a model for understanding human vitamin D requirements. *Nutrients*, 4(3), 181-196.

Nelson, C. D., Lippolis, J. D., Reinhardt, T. A., Sacco, R. E., Powell, J. L., Drewnoski, M. E., O'Neil, M., Beitz, D. C., & Weiss, W. P. (2016). Vitamin D status of dairy cattle: outcomes of current practices in the dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10150-10160.

Nonnecke, B. J., McGill, J. L., Ridpath, J. F., Sacco, R. E., Lippolis, J. D., & Reinhardt, T. A. (2014). Acute phase response elicited by experimental bovine diarrhea virus (BVDV) infection is associated with decreased vitamin D and E status of vitamin-replete preruminant calves. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5566-5579.

Seifi, H. A. & Kia, S. (2017). Subclinical hypocalcemia in dairy cows: pathophysiology, consequences and monitoring. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 9(2), 1-15.

- Slatopolsky, E. (1998). The role of calcium, phosphorus and vitamin D metabolism in the development of secondary hyperparathyroidism. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 13(3), 3-8.
- Sorge, U. S., Molitor, T., Linn, J., Gallaher, D., & Wells, S. W. (2013). Cow-level association between serum 25-hydroxyvitamin D concentration and *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis antibody seropositivity: a pilot study. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1030-1037
- Vargas, Y. E. (2015). Prevalencia de hipocalcemia subclínica y factores predisponentes en vacas lecheras pre y post-parto bajo un sistema intensivo de producción. Tesis de licenciatura: Universidad Católica Santa María.
- Vetter, T. & Lohse, M. J. (2002). Magnesium and the parathyroid. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 11(4), 403-410
- Vieira-Neto, A., Lima, I. R. P., Lopes Jr, F., Lopera, C., Zimpel, R., Sinedino, L. D. P., Jeong, K. C., Galvao, K., Thatcher, W. W., Nelson, C. D., & Santos, J. E. P. (2017). Use of calcitriol to maintain postpartum blood calcium and improve immune function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5805-5823
- Wilkins, M. R., Oberheide, I., Schroder, B., Azem, E., Steinberg, W., & Breves, G. (2012). Influence of the combination of 25-hydroxyvitamin D3 and a diet negative cation-anion difference on periparturient calcium homeostasis of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 151-164.
- Wisnieski, L., Brown, J. L., Holcombe, S. J., Gandy, J. C., & Sordillo, L. M. (2020). Serum vitamin D concentrations at dry-off and close-up predict increased postpartum urine ketone concentrations in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1795-1806.

La Transferencia Nuclear de Células Somáticas (TNCS) y sus beneficios en la preservación de ganado puro. Caso Simbrah CIPA- UANL

En la actualidad el desgaste en los recursos zoogenéticos, es decir la fauna utilizada para en beneficio alimentario principalmente hacemos referencia al ganado bovino, ovino, porcino, aviar; por mencionar algunos se hace más notorio debido que en tiempos recientes se han presentado epidemias tal como la ocurrida en 2018 por el SARS COVID-19, conflictos bélicos actuales, además del persistente cambio climático, la resistencia a patógenos, y poniendo un punto final con el cruzamiento indiscriminado, que aunado al escaso control de la endogamia; provoca esta pérdida en la variabilidad genética dentro de las poblaciones de ganado, de ahí que surge la necesidad de disponer de material genético "*ex situ*" e "*in vitro*", el cual se habrá de conservar en bancos de germoplasma los cuales tiene como finalidad coleccionar material genético tal como espermatozoides, ovocitos, embriones, y en especial células somáticas, para de esta forma evitar que se afecten los sistemas de producción pecuaria (Castro, 2007; FAO, 2020; Sponenberg, 2012; Zavala, 2021).

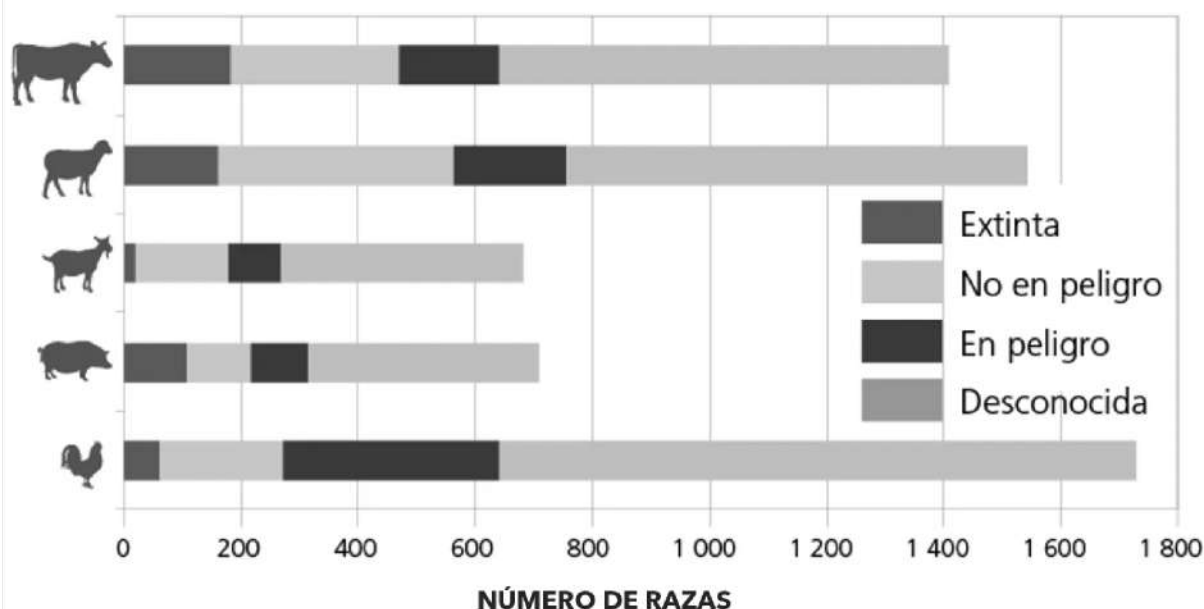


Desde el punto de vista productivo, se debería realizar un seguimiento de cómo es que van evolucionando estas poblaciones, lo cual sería un paso principal para una actuación pronta y eficaz y así poder salvar las razas de la extinción. Debido a que la erosión de la diversidad intrarracial pudiera convertirse en un problema a corto plazo, incluso en razas con elevados números de ejemplares. Hoy en día diversas naciones actualmente trabajan en la conservación de razas tanto puras como autóctonas de animales productivos, esto con la finalidad de la

conservación de sus propios recursos zoogenéticos, priorizando de esta forma el uso sustentable. Tal es el caso de España, que cuenta con bancos de germoplasma promovidos por las asociaciones de criadores de razas puras autóctonas locales, al igual que EE.UU. y México siguen estos ejemplos. FAO, 2020. “Las acciones para evitar la pérdida de diversidad ganadera serán más eficaces cuanto mejor se comprendan los factores que conducen a la erosión genética y al riesgo de extinción” (Sponenberg, 2012; Zavala, 2021).

FIGURA 2

Datos de la FAO indican que, a nivel mundial, hasta 2016 la proporción de razas de ganado clasificadas como en peligro de extinción se incrementó del 15 al 17 por ciento. Aunado a que un 58 por ciento de las razas se encuentra en situación de riesgo desconocido, siendo probable que el número de razas en peligro esté siendo subestimado.



Bajo el concepto de utilización y máximo aprovechamiento de los recursos al alcance de la investigación y, con la finalidad de obtener resultados benéficos para la preservación, se han desarrollado biotecnologías de la reproducción animal asistida, tal como la Transferencia Nuclear de Células Somáticas (TNCS). Técnica que consiste en insertar el núcleo de una célula somática a un ovocito enucleado, fusionada mediante impulsos eléctricos, teniendo que el embrión resultante será una réplica genética del ejemplar que dono su célula somática (Jiang et al., 2011; Seaby et al., 2013; Saini et al., 2018; Galli et al., 2021).

El uso de las biotecnologías reproductivas como herramienta de expansión de poblaciones toma una especial importancia cuando se tiene un número crítico y reducido de individuos pertenecientes a dichas poblaciones, además de su aplicación en la preservación de individuos cuyas características rebasan la media de sus congéneres (Lagutina et al., 2013; Galli et al., 2021; Mrowiec et al., 2021).

En la actualidad sabemos que la TNCS tiene diversas aplicaciones, y aunque algunas son prometedoras, otras pudieran llegar a ser controvertidas.

1. Obtención de Órganos para Trasplantes:

Uno de los usos más prometedores de la técnica es el obtener órganos viables para trasplantes en seres humanos, se piensa que en un futuro el humano podría cultivar órganos específicos en animales clonados (cerdos), y luego utilizar esos órganos para trasplantar, se sabe que fisiológicamente órganos de cerdos son compatibles con los humanos.

2. Conservación de Especies en Peligro de Extinción:

La clonación ofrece una esperanza para especies en peligro de extinción, se han realizado avances. Por ejemplo, en 2003, se clonó un bucardo (una especie de cabra montés) que estaba extinto, aunque lamentablemente murió poco después del nacimiento.

Producción de Alimentos y Ganadería:

La clonación también se utiliza en la producción de alimentos, pudiendo entonces clonar animales de producción para obtener carne de alta calidad y mayor rendimiento. Además, en el ámbito de la ganadería, la TNCS se centra en producir animales altamente rentables.

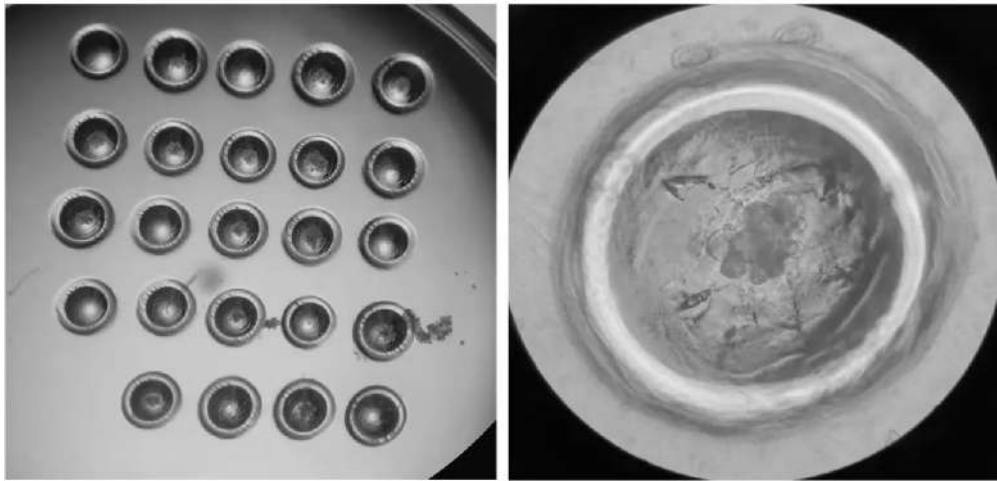
De tal forma en el presente trabajo nos planteamos la pregunta de ¿Qué efecto tendrá el uso de citoplastos de ovino en la fusión con carioplastos bovinos sobre la producción y desarrollo *in vitro* de embriones por TNCSI?. Se generó como hipótesis: dado que el ovocito contiene toda la información necesaria para la producción de un embrión, el uso de citoplastos de ovino permitirá la fusión, activación y desarrollo *in vitro* de embriones clonados por TNCSI, a partir de carioplastos de bovino adulto. Teniendo como principal objetivo el generar embriones clones de bovino mediante la TNCSI, a partir de citoplastos de ovino y carioplastos de bovino.

El trabajo experimental fue dividido en 3 partes la primera para la generación de cultivos primarios se utilizarán muestras de piel de 0.3cm², obtenidas de ejemplares cuya calidad genética sea demostrada y superior a la media de la población (Simbrah propiedad del CIPA-UANL). Para la obtención de cultivos en cajas de Petri de 35 mm se agregarán 3 mL de medio de cultivo adicionado con 1 µg/mL de EGF (Navarro-Maldonado et al., 2015). Las muestras se incubaron en las condiciones siguientes (condiciones de incubación: 38.3 °C, 90% N₂, 5% O₂, 5% CO₂ y humedad a saturación) y fueron monitoreadas a las 24 y 48 h después de su siembra. Se mantuvieron en condiciones similares hasta alcanzar la confluencia (presencia celular >90% del crecimiento en la caja de cultivo), las células se despegaron de la matriz extracelular y de la base de la caja utilizando 1 mL de Tripsina-Verseno por 10 minutos, posterior se detuvo la acción de las enzimas con medio suplementado con suero fetal bovino en partes iguales. La segunda fase consistió en la obtención de complejos cumulus-ovocitos (CCO) mediante punción de tejido ovárico de ovinos de rastro, posteriormente se realizó lavado y selección de los CCO con mayores cantidades de células del cumulus, los cuales fueron puestos a maduración *in vitro* durante 20 a 22 hrs en medios de maduración comercial.

Tercera fase (TNCS). Completada la MIV, los COC son desnudados hialuronidasa (Sigma-Aldrich) en solución (0.5 mg/mL), se seleccionaron los ovocitos que presentaron extrusión del primer cuerpo polar (1er CP), es decir aquellos ovocitos que se arrestaron en la fase meiótica MII para la enucleación manual de ovocitos una micronejadora, bajo el microscopio estereoscópico (Olympus SZ61). La unión de citoplastos y carioplastos de bovino se realizó en la cámara de fusión (BTX microslide, 0.5 mm de apertura). Para su cultivo se utilizó el sistema celda sobre celda (en inglés Well of Well), que consistió en hacer micropozos en una de las celdas de una caja de cuatro celdas, de acuerdo con el número de clones formados por electrofusión.

FIGURA 3

Sistema WOW, visto bajo microscopio estereoscópico a un aumento de 10 X. Se observa la disposición de los micropozos (24 WOW), en cuyo interior se depositaron los embriones clones de bovino obtenidos por TNCSI. Sistema WOW a aumento de 20 X. En el interior del pozo se observan células embrionarias en el día 5 de su desarrollo post-electrofusión y activación, que corresponden a un embrión clon de bovino Simbrah hembra adulta. Se observan blastómeros simétricos.



Los resultados que se obtuvieron durante las repeticiones de estos experimentos fueron los que se expresan en la **Tabla 1**, donde se hace un comparativo entre los grupos control y tratamiento, y los grados de desarrollo embrionario que alcanzaron.

TABLA 1

Tasa de desarrollo de embriones clones de bovino producidos por TNCSI (n=33) y partenogénéticos de ovino n=24 (5 días de cultivo *in vitro*).

	N Embriones	4-6 Células n (%)	8 - 10 Células n (%)	12 - 14 Células n (%)	Mórulas >16 células n (%)	Blastocistos n (%)
TNCSI	33	5 (15%)	6 (15%)	7 (15%)	15 (15%)	0 (15%)
Partenogénéticos	36	4 (11%)	2 (11%)	5 (11%)	6 (11%)	19 (11%)

Se efectuó la tinción DAPI para observar los núcleos de los blastómeros de los embriones clones. De los 15 embriones clones en estado de mórula 8 (53%) tuvieron 12 blastómeros con núcleo, 3 (20%) tuvieron 14 blastómeros y 4 (27%) 16-18 blastómeros (**Figura 4**). Además, se evidenció el grado de fragmentación de los embriones clones, mostrando la presencia de blastómeros anucleados y multinucleares, (**Figura 5**), confirmando que de los 27 (45%) embriones fragmentados: 8 (30%) tuvieron presencia de blastómeros polinucleares, 15 (55%) estaban con núcleos picnóticos y 4 (15%) anucleados.

FIGURA 4

Embriones clones de hembra adulta raza Simbrah con tinción de núcleos con DAPI. Vistos en microscopio de epifluorescencia con filtro UV-2ª, longitud de onda 330-380 nm **A)** Embrión clon en campo claro. **B)** aumento a 400X. El número de núcleos (1), es acorde al número de blastomeros que tienen.

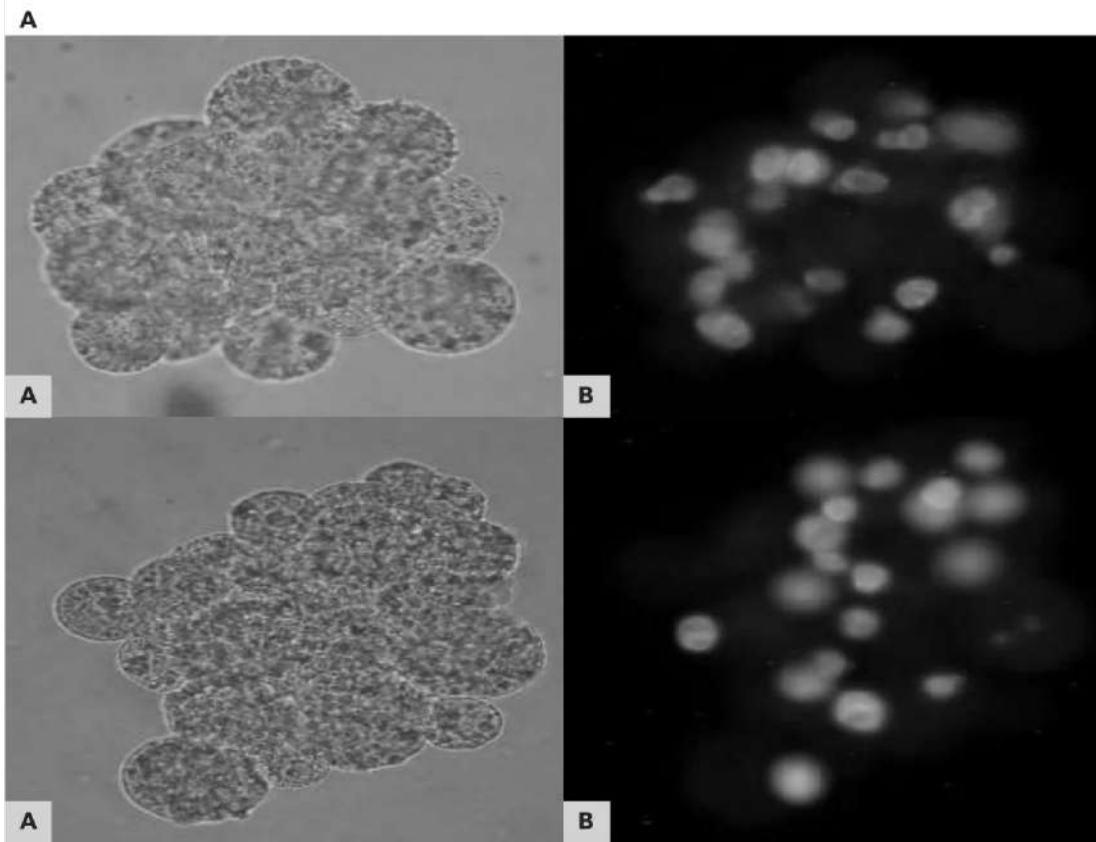
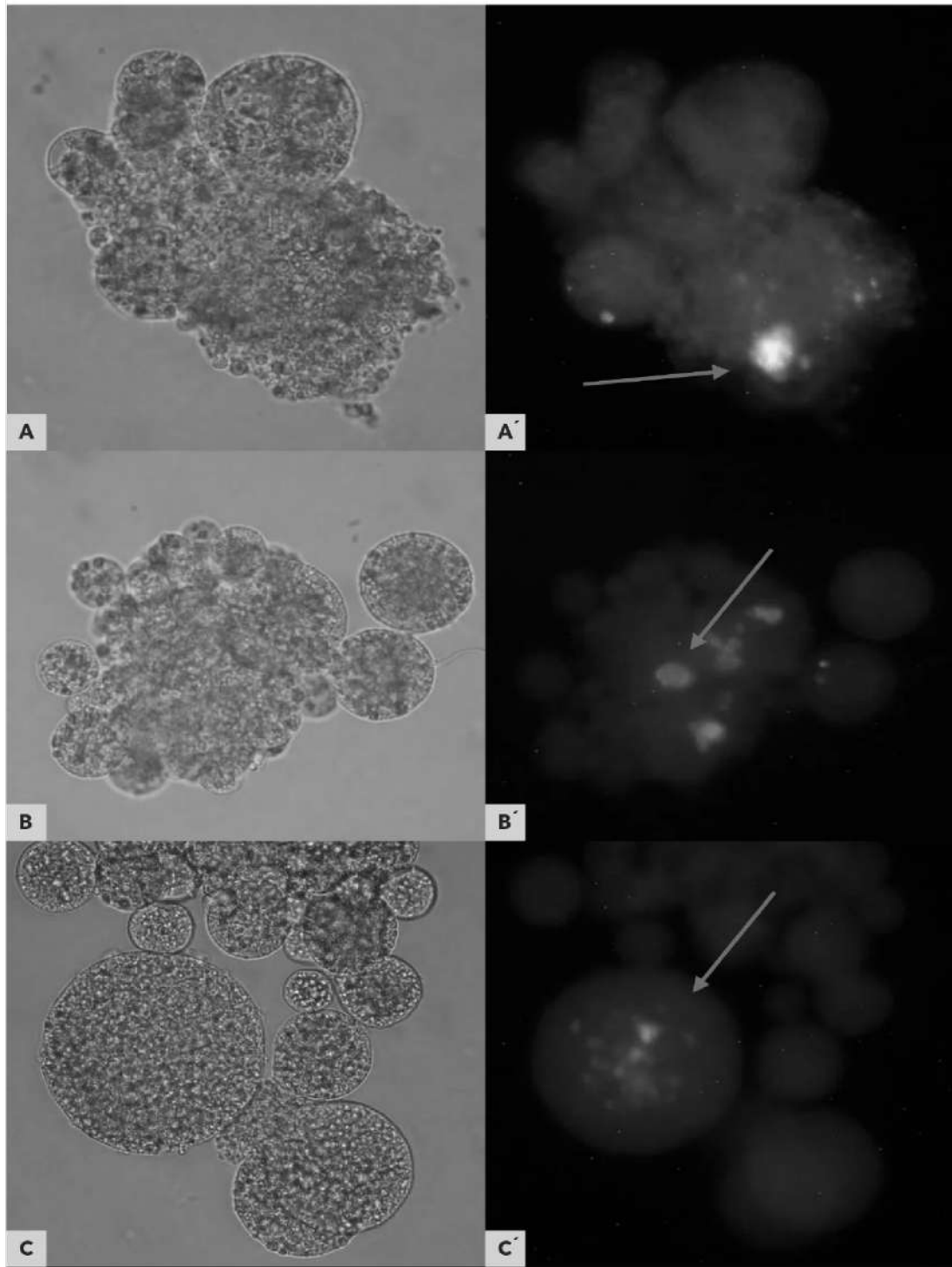


FIGURA 5

Embriones clones de hembra adulta raza Simbrah fragmentados. Vistos en microscopio de epifluorescencia con filtro UV-2^a, longitud de onda 330-380 nm **(A, B y C)** Embriones en campo claro. **A')** Embrión con blastómeros en proceso de pínosis, **B')** Embrión clon con blastómeros polinucleares **C')** Embrión clon con blastómeros anucleados, aumento a 400X.



Al observar los resultados obtenidos, y analizando el máximo desarrollo embrionario como era de esperarse las tasas de embriones clones así como de partenogénéticos con fragmentación fueron elevadas, hasta 45%, lo cual

es coincidente con lo reportado por Vázquez-Avendaño 2016, debido a que las metodologías para la clonación así como la de embriones partenogenéticos, incluyen pasos que forzan el desarrollo embrionario. Mrowiec *et al*, 2021; Adams *et al*, 2022 han señalado que la fragmentación es elevada durante la clonación de embriones, debido a que esta supone la asincronía en el desarrollo y división tanto nuclear como citoplasmático, dando como consecuencia blastómeros anucleados o polinucleados (**Figura 4**). el DIV de los embriones clones fue limitado, al respecto Tecirlioglu *et al*, 2006 y Lagutina *et al*, 2011, reportaron que, la máxima etapa de desarrollo alcanzada por embriones clones obtenidos mediante TNCSI a partir de citoplastos de ovino y carioplastos de bovino, es la mórula de 16 células, tal y como se obtuvo en el presente trabajo.

En relación a esta detención del desarrollo embrionario que presentan los embriones clones (mórula de mínimo 16 células) Jiang *et al*, (2011) y Selokar *et al*, (2011), lo explican a través de que el mantenimiento del genoma mitocondrial recae sobre una de las dos especies participantes en la clonación, por lo que, la fusión, activación y desarrollo de células pertenecientes a dos especies divergentes genéticamente tiene necesariamente un desarrollo embrionario bajo.

Por otro lado Malin *et al*, 2022, mencionaron que, cuando entre las células donadoras de núcleo y los ovocitos receptores en la TNCSI hay una relación taxonómica muy distante (entre clase, orden, familia y género de especie), solo se consiguen desarrollos embrionarios en etapas iniciales y precisan que el paso es contrario cuando las especies donadoras y receptoras del carioplasto, son de una cercanía taxonómica en la fisiología reproductiva, tipo de placentación y tiempos de gestación, es decir el desarrollo embrionario esperado será hasta blastocisto. Se pudo concluir que la actividad fisiológica de las células obtenidas "*in vitro*", en cuanto a la característica de totipotencialidad quedó expuesta mediante la TNCSI llevada a cabo, a pesar de que no son células especie específicas pudimos constatar que su funcionalidad y posibilidad de empleo en la técnica es viable, comportándose de la misma manera las células de los rumiantes empleados (bovino y ovino), aunque para conocer el comportamiento de las células requiere del uso de citoplastos y carioplastos especie específicos en este caso de bovino para lograr embriones transferibles y con ello conservar el material genético de ejemplares seleccionados.

Bibliografía relevante

- Adams, L; Liu, Y; Durrant, B; Ruggeri, E; Young, C; Krisher, R; Polejaeva, I (2022). **Use of Bisection to Reduce Mitochondrial DNA in the Bovine Oocyte.** *J Vis Exp.* 6;(185).
- Castro, R (2007). **Establecimiento de un banco genético de células fibroblásticas de un ejemplar Güiña (*Oncifelis guigna*).** Tesis de licenciatura Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Escuela de Ciencias Veterinaria, Santiago, Chile. 72p.
- FAO (2020). **La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la Agricultura**, editado por Barbara Rischkowsky y Dafydd Pilling. Roma (disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/a1250s/a1250s00.htm>).
- Jiang Y; Kelly R; Peters A; Fulka H, Dickinson A; Mitchell D; St. John, J (2011). **Interspecies Somatic Cell Nuclear Transfer Is Dependent on Compatible Mitochondrial DNA and Reprogramming Factors.** *Plos One* 6(4): e14805.
- Lin L; Hua Y; Jianzhang M; Wei-jun G; Yue-hui M (2009) **Establishment and characterization of a fibroblast line from Simmental cattle.** *Cryobiology* 59: 63–68.

- Malin, K; Witkowska, O; Papis, K (2022). **The many problems of somatic cell nuclear transfer in reproductive cloning of mammals.** *Theriogenology* 189: 246e254.

- Mrowiec, P; Bugno, M; Młodawska, W (2021). **The perspective of the incompatible of nucleus and mitochondria in interspecies somatic cell nuclear transfer for endangered species.** *Reprod Domest Anim*; 56(2):199- 207.

- Navarro-Maldonado, M; Hernández, S; Martínez J; Vázquez, R; Ambríz, D; Rangel, R; Vajta G (2016). **Clonación de Embriones de Ovis aAries utilizando fibroblastos criopreservados durante 14 meses.** *Revista Iberoamericana de Ciencias*. Vol. 3 No. 4., pp 45-53.

- Selokar, N; George, A; Saha, A; Sharma, R; Muzaffer, M; Shah, R; Palta, P; Chauhan, M; Manik, S ; Singla S (2011). **Production of interspecies handmade cloned embryos by nuclear transfer of cattle, goat and rat fibroblasts to buffalo (Bubalus bubalis) oocytes.** *Animal Reproduction Science* 123: 279–282

- Seluanov, A; Vaidya, A; Gorbunova, V (2010). **Establishing primary adult fibroblast cultures from rodents.** *J. Vis. Exp.* (44), e2033, DOI : 10.3791/2033

- Sponenberg D (2012). **La pureza racial y la conservación de recursos criollos en los Estados Unidos.** *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 2: 35-41.

- Tecirlioglu, T; Gu, J; Trounson A (2006). **Interspecies Somatic Cell Nuclear Transfer and Preliminary Data for Horse-Cow/Mouse iSCNT.** *Stem Cell Reviews*, 2(4): 277-287.

- Vázquez-Avendaño, R (2016). **Reprogramación de carioplastos con extractos de ovocitos como estrategia de producción de embriones por handmade cloning en Ovis aries,** Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, 86p.

- Zavala M (2021). **Los recursos zoogenéticos, ¿Qué son y cuál es su importancia?**
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/14-numero-2/30-los-recursos-zoogeneticos-ique-son-y-cuales-su-importancia.html>.

Los básicos para entender el mercado de la carne de bovino

Mercado mundial

En estos últimos años, tanto la producción, así como el consumo de la carne de bovino, además de la de cerdo y 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

En relación a los datos más relevantes que permiten identificar las tendencias de estos mercados, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), a inicios de este año, publicó en su reporte “Livestock and Poultry: World Markets and Trade” las estimaciones para 2024, en las cuales pronosticó datos sobre la producción, los cuales se esperaban que se encontraran en niveles similares a lo informado para 2023, así como una ligera disminución en el consumo, además de un leve incremento en las exportaciones.

Mercado mundial de carne de bovino (Millones de toneladas, equivalente en carne en canal)				
Concepto	2022	2023	2024	Variación anual (%)
Producción	59.3	59.4	59.5	0.2
Exportaciones	12.0	11.9	12.1	1.3
Importaciones	10.2	10.3	10.3	-0.5
Consumo total	57.4	57.8	57.7	-0.2
Inventarios finales (carne)	0.6	0.5	0.5	-6.2
Inventarios/Consumo (%)	1.0	0.9	0.9	
Fuente: USDA, agosto de 2024.				

Para mediados de este año, y considerando las estimaciones más recientes publicadas por USDA, la producción mundial de carne de bovino se pronosticó que llegaría a un valor de 60.7 millones de toneladas.² Esta cifra representaría un ligero incremento en 1.3% con respecto a la cifra registrada en el año anterior. Considerando lo anterior, para 2024, se prevé que la producción mundial sea ligeramente superior y se destacan mejores proyecciones para los datos de producción de carne de Brasil, China y Australia, cifras que compensarían favorablemente las reducciones de Estados Unidos y de Argentina.

Así, para 2024, el principal productor de carne de bovino será nuevamente Estados Unidos, con un volumen estimado aproximado de 12.1 millones de toneladas. Este valor será 1.2% menor a lo producido en 2023, debido a inventarios menores de ganado. Es importante recalcar que, durante el año anterior, las condiciones de sequía siguieron afectado a las grandes llanuras estadounidenses, situación que generó que el sector ganadero en Estados Unidos redujera masivamente el número de animales en los campos.³

De los 10 principales países productores, los que esperan incrementos anuales en su producción son: Brasil (3.7%), China (3.6%), India (2.2%), México (1.8%), la Unión Europea (0.6%), Rusia (1.1%) y Australia (11.1%). En conjunto, estos países aportan el 87.0% de la producción mundial de carne de bovino.

Nuevamente, destaca el incremento de la producción de Australia, país en el que se incrementará el número de sacrificio de ganado para 2024 y no obstante a que se tienen dificultades para encontrar suficiente mano de obra para generar más turnos de trabajo y procesar más carne.⁴

Por otro lado, Argentina reduce su producción en 7.6% para este año y se revisa a la baja debido a la escasez de ganado, consecuencia de una menor cría de terneros y a la liquidación generada por la sequía que se presentó durante 2023.⁵

Con relación a los inventarios iniciales mundiales de hato ganadero, para 2024, se espera que vayan muy ligeramente a la baja. Así, se pronostica que habría un decremento anual del 0.3%. Para finales del mismo año, se prevé un hato ganadero de alrededor de 935.8 millones de cabezas, el cual sería ligeramente menor en 0.5% con respecto al de 2023.

En 2024, el consumo mundial de carne de bovino llegaría a un valor de 58.8 millones de toneladas, lo que significaría un ligero aumento de 1.0% con respecto a la cifra reportada en 2023 por el USDA.

La ingesta de carne de bovino en Estados Unidos, principal consumidor a nivel mundial, se incrementaría ligeramente en 0.7% con respecto a lo observado en el año anterior.

Por otro lado, destacan los incrementos en el consumo de carne de res de China y de México, los cuales se esperan de 5.3% y de 4.6%, respectivamente.

Para el caso del comercio mundial de la carne de bovino, y en específico para las exportaciones, se prevé que estas lleguen a niveles históricos, con un incremento de 1.3%, a tasa anual.

Los países que se mantienen como líderes en las exportaciones son Brasil, Australia, India y Estados Unidos. En los primeros tres países se esperan incrementos anuales de 13.9%, 14.7% y 3.1%, respectivamente.

Las exportaciones realizadas por Brasil y Australia se revisan al alza debido a una producción abundante y a una firme demanda mundial. Australia y Brasil, los principales exportadores mundiales, se beneficiarán del incremento de la demanda de importación de parte de Estados Unidos, la cual será impulsada por la disminución de su producción interna.⁶ Por otro lado, en Estados Unidos, se muestra una reducción de 4.3%, con relación a lo reportado en el año previo. Con relación a las importaciones, China, Estados Unidos y Japón serán los principales países importadores para 2024. Para el caso de Estados Unidos las cifras de importaciones se pronostican en una cifra cercana a 1.9 millones de toneladas, es decir, 11.2% más de lo que importaron en 2023.

Precio internacional

De enero a abril del 2023, el precio internacional de referencia del ganado bovino en pie (live cattle) en Estados Unidos se mantuvo al alza. Durante el primer mes de 2023, se registró el precio más bajo del año, siendo de 3,439.2 dólares por tonelada promedio mensual. Posteriormente, para mayo, la cotización mostró un ligero decremento de 0.7%, a tasa mensual. No obstante, para junio, la cotización volvió a incrementarse en 4.6%, con respecto al mes previo. El precio más alto se registró en octubre de 2023 con 4,051.8 dólares por tonelada promedio mensual, siendo el más alto en Estados Unidos, impulsado por un fuerte consumo, además de que se redujo tanto la producción de carne de bovino, así como de hato ganadero, debido a las condiciones de sequía que han afectado a las regiones de cría y, en particular, a las grandes llanuras estadounidenses.

Finalmente, al cierre del año, el precio promedio fue de 3,768.2 y, comparándolo con el del mismo mes de 2022, se observó una variación positiva del 10.3%. Para el mes de julio de 2024, se observó una cotización promedio de 4,162.7 dólares por tonelada, siendo la más alta para lo que va de este año.

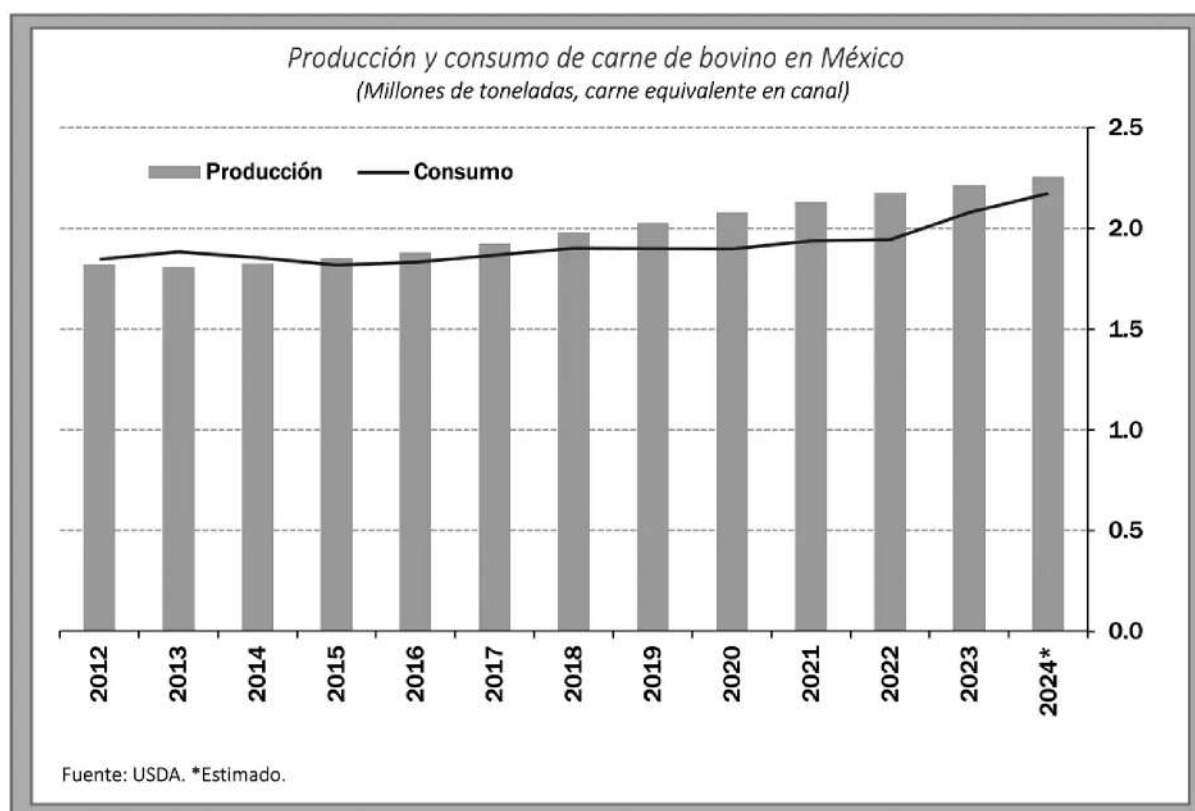


Durante el año anterior, factores como los precios menos elevados de los granos, condiciones climáticas favorables en áreas de producción de ganado, además de una apreciación récord del peso mexicano, impulsaron de manera positiva la producción de carne de res en México. Bajo estas condiciones, para este 2024, la producción de carne de bovino México se pronostica que aumentará debido a que será un mercado más rentable para los productores y, con mayores ganancias, gracias a la reducción de los precios de los alimentos para el hato ganadero, así como al pronóstico del aumento tanto en la demanda nacional, como en la internacional.⁷

En 2024 y, con relación a la información más relevante para México, el USDA pronostica que la producción de carne de bovino será de 2.3 millones de toneladas, lo que representaría la mayor producción desde 1990. A tasa

anual, el incremento se esperaría de 1.8% y, por undécimo año consecutivo, se proyecta que la producción nacional de carne de bovino seguirá experimentando un crecimiento constante.

De acuerdo a la información reportada por el USDA, la producción en México está favorecida por varios factores. La mayoría de los principales estados productores de ganado, como Chiapas, Jalisco, Michoacán, Tabasco y Veracruz, están ubicados en áreas con condiciones climáticas estables de lluvias y de abundantes zonas de pastos. Aunque la mayoría de los terneros nacen en el sur de México, la mayor parte de estos animales se envían al centro y norte de México para ser engordados y sacrificados. A diferencia del ganado destinado al procesamiento de carne de res para consumo nacional, el ganado en pie destinado a la exportación a los Estados Unidos casi exclusivamente nace y se cría en el norte de México. Los principales estados exportadores de ganado en México, como Chihuahua, Durango y Sonora, dependen de fuentes seguras de agua superficial y subterránea. Es importante mencionar que el maíz sigue siendo el grano preferido para la alimentación del ganado.⁸



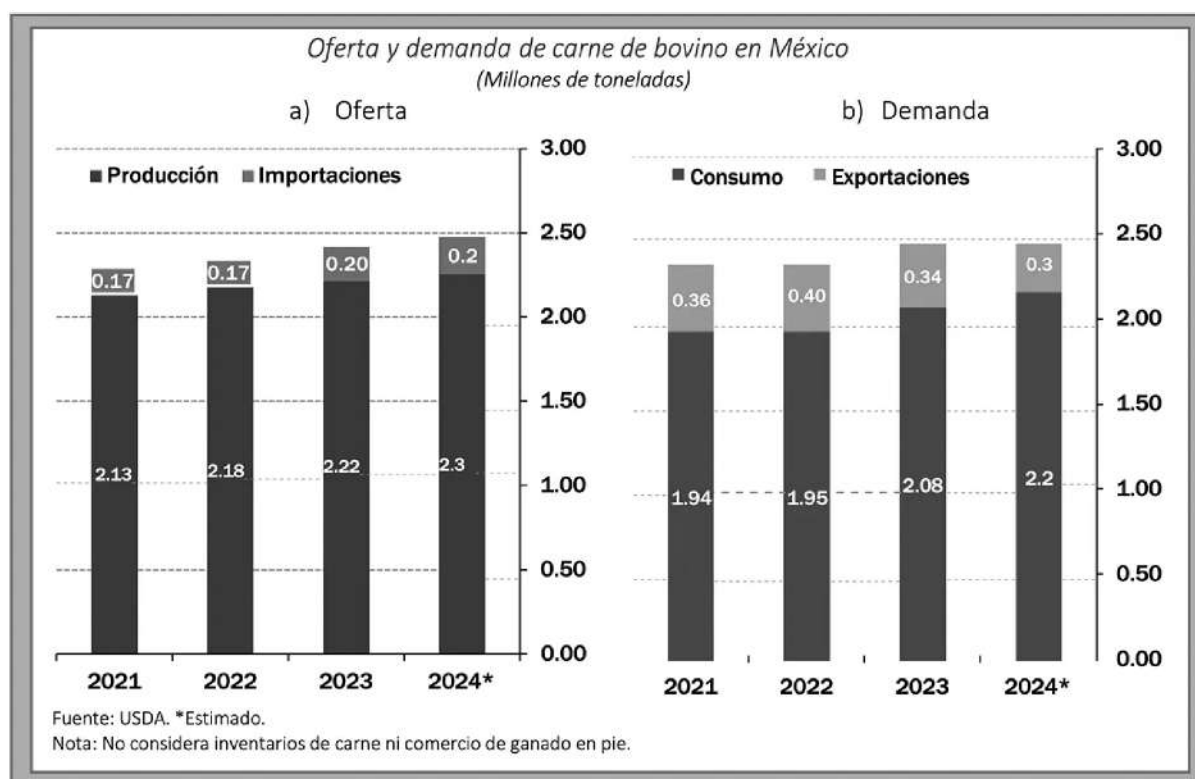
Para este 2024, el USDA informa que, a pesar de algunas condiciones de sequía y temperaturas ligeramente más altas para algunas zonas del país, las principales áreas productoras de ganado en el sur de México aún mantienen una vegetación adecuada para la buena producción y desarrollo del ganado.⁹

De igual manera, la oferta total de carne de bovino sigue estando compuesta en su mayor parte por la producción nacional. Con relación a este indicador, el USDA estima que la oferta total de carne será de alrededor de 2.5 millones de toneladas, de las cuales el 91.1% tendría como origen la producción doméstica. El 8.9% restante provendría de importaciones, las cuales podrían ascender a 220,000 toneladas. Así, en comparación con las cifras observadas en 2023, la oferta interna total de carne de bovino para México se incrementaría en 2.4%.

Por otra parte, el USDA estima que la demanda de carne de bovino en nuestro país tendría como principal

componente el consumo doméstico, con una participación del 87.9% de la demanda total.

Con relación al consumo de carne de bovino durante este año, se pronostica que será de 2.2 millones de toneladas de carne en canal, 4.6% más a lo reportado en 2023.

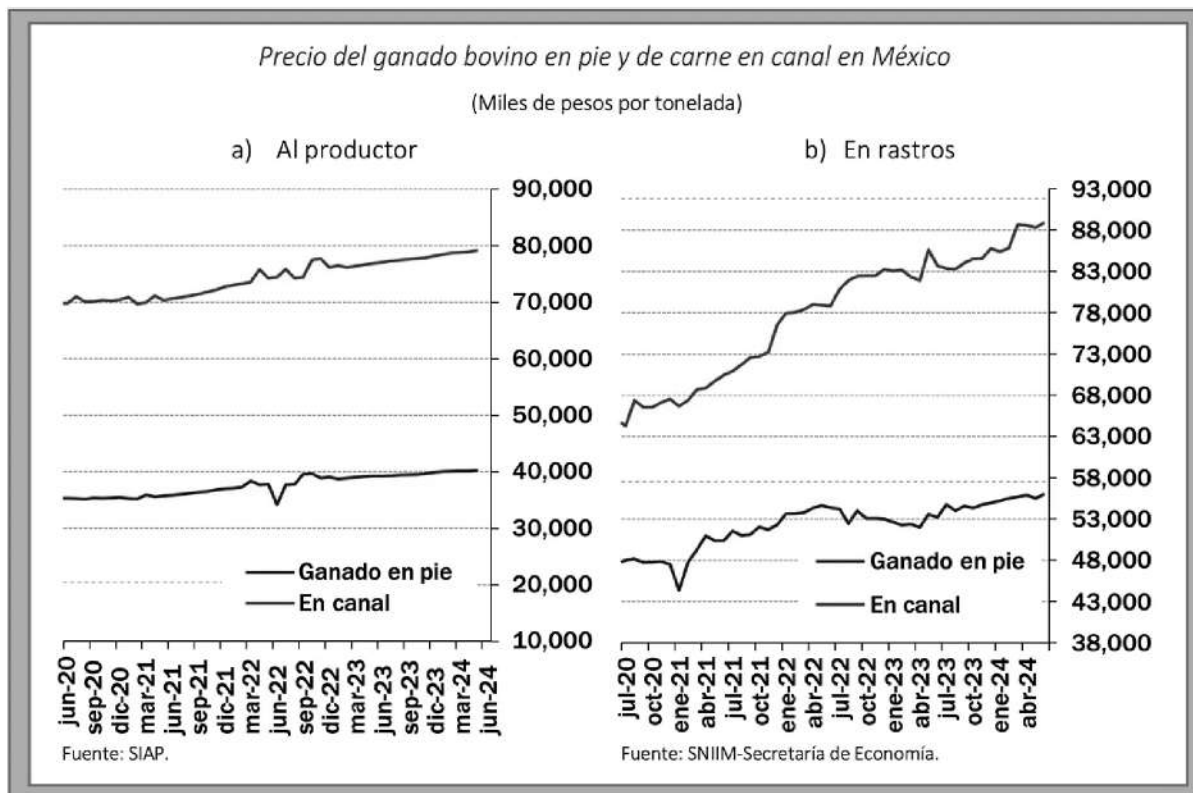


Las exportaciones serían de alrededor de 300,000 toneladas, lo que representaría el 12.1% de la demanda total de este cárnico. Las exportaciones de ganado mexicano, que son casi exclusivamente hacia Estados Unidos, continúan recuperándose de la disminución en 2022, la cual fue causada principalmente por la decisión de los ganaderos mexicanos de engordar y sacrificar sus animales de forma interna para satisfacer la demanda local. Además, se pronostica un probable crecimiento de la demanda de ganado de engorda hacia Estados Unidos, debido a la reducción de su hato ganadero, específicamente el de las Grandes Llanuras del Sur, lo que impulsaría las exportaciones mexicanas de ganado en pie.¹⁰

En relación con las importaciones de ganado, éstas se incrementarían para 2024 en 8.4%, para el caso de México. Desde 2023, las importaciones de ganado han aumentado como respuesta a los cambios en la cadena de suministro relacionados con la pandemia, no obstante que los informes de la industria muestran expectativas de márgenes de rentabilidad menores en el año 2024 para la importación de ganado desde Estados Unidos hacia México. Asimismo, se espera que los precios del ganado estadounidense sean más altos durante 2024, dada la posible menor disponibilidad de ganado en ese país, lo que podría frenar el aumento en las importaciones en pie.

Precios nacionales

En 2023, el precio promedio mensual al productor con el que se cerró el año fue de 39,920.0 pesos por tonelada. En comparación con el mes homólogo de 2022, se observó un incremento del 2.1%.



De igual forma, durante el año anterior, el precio promedio de la carne en pie en rastros nacionales también se mantuvo relativamente estable, con cambios mensuales entre el -1.4% y el 3%. Para diciembre del año anterior, el precio promedio mensual fue de 54,947.2 pesos por tonelada. Así, la cotización promedio mensual del ganado en pie en rastros del país mostró un ligero incremento del 3.7 a tasa anual%.

Cabe señalar que los precios relacionados con este sector se han visto afectados por distintas variables. No obstante, se pronostica cierta estabilidad en las cotizaciones de la carne de bovino para este 2024 debido a que se esperan precios menos elevados en los alimentos para el ganado vacuno, lo que se traduce en una reducción en los costos de producción y, al mismo tiempo, se pronostica un ligero aumento en la demanda de carne de res tanto para el consumo local como para las exportaciones.¹¹

¹ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, October 12, 2023.

² Equivalente a carne en canal.

³ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, October 12, 2023.

⁴ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, October 12, 2023.

⁵ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, October 12, 2023.

⁶ USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade, January 12, 2024.

⁷ USDA Mexico, Livestock and products Annual. August 03, 2023.

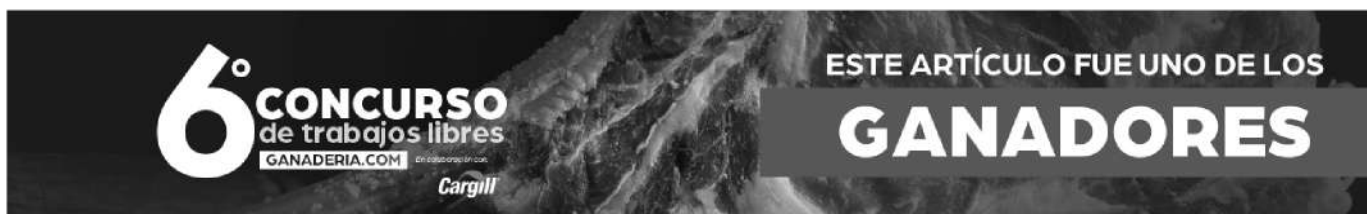
⁸ USDA Mexico, Livestock and products Annual. August 03, 2023.

⁹ USDA Mexico, Livestock and products Annual. August 03, 2023.

¹⁰ USDA Mexico, Livestock and products Annual. August 03, 2023.

¹¹ USDA Mexico, Livestock and products Annual. August 03, 2023.

Vacuna contra babesiosis bovina elaborada con medio libre de componentes de origen animal



¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del INIFAP en Jiutepec, Mor., México. 2CIRGOC-INIFAP.

Resumen

Se evaluó una vacuna viva atenuada con *Babesia bovis* y *B. bigemina* cultivada *in vitro* con un medio libre de componentes de origen animal (VP-SFM). La protección se determinó por una confrontación natural en bovinos susceptibles introducidos a una explotación con alta endemicidad de garrapatas *Rhipicephalus microplus* y de *Babesia* spp. Se utilizaron 12 bovinos Holstein friesian, con los que se conformaron 2 grupos de 6 animales cada uno.

El GI se inyectó con una vacuna elaborada con medio VP-SFM y el GII control fue inoculado con eritrocitos no infectados, ambos inóculos por vía IM. Para la fase de vacunación los bovinos se mantuvieron por 3 semanas en una explotación libre de garrapatas y sin antecedentes de babesiosis. Para la confrontación se trasladaron a una explotación con alta endemicidad de garrapatas y una prevalencia de 96% de *Babesia* spp. Ahí se mantuvieron durante 25 días en un potrero infestado con larvas de garrapatas *R. microplus*; además se mezclaron con bovinos locales que estaban infestados con garrapatas *R. microplus* e infectados con *B. bovis* y *B. bigemina*. En ambas fases se realizó un monitoreo clínico; durante la vacunación no hubo alteraciones en la temperatura rectal (TR) ni en el hematocrito (Ht). En la confrontación al día 8 hubo diferencia marcada en la TR entre los vacunados y no vacunados (39.6°C vs 40.2°C). En el grupo de no vacunados, todos bovinos mostraron fiebre por 4 días consecutivos a partir del día 7. El Ht también mostró diferencia al día 8 entre vacunados y no vacunados (13.8% vs 27.2%). Con base en el monitoreo clínico que incluyó fiebre, disminución del Ht, detección de parásitos circulantes, pérdida de peso, deterioro de la condición y problemas de locomoción. El grupo de bovinos no

vacunados fue tratado el día 10 contra babesiosis bovina; los vacunados no requirieron tratamiento. Por lo que la protección se estimó en 100% para los vacunados y 0% para los no vacunados. Se concluye que se dispone de un prototipo de vacuna doble contra *B. bovis* y *B. bigemina* derivada del cultivo sin la utilización de componentes de origen animal en el medio. Se razona que se requiere la validación del material vacunal en un número mayor de animales y en diferentes etapas reproductivas.

Palabras clave: babesiosis bovina, vacuna, piroplasmosis

Introducción

La babesiosis o piroplasmosis bovina es causada por protozoarios del género *Babesia*; en nuestro país existen *Babesia bovis* y *B. bigemina*, ambas son transmitidas por la garrapata del ganado *Rhipicephalus microplus* y *R. annulatus*. En la presentación clínica de la enfermedad existe fiebre, anemia hemolítica, hemoglobinuria y la muerte; aunque la severidad de la enfermedad depende de la virulencia de la especie y cepa de *Babesia*. Esta enfermedad tiene un efecto detrimental en la ganadería de las regiones tropicales y subtropicales, causa pérdidas asociadas a la disminución de peso, suspensión de la lactación, aborto y la presentación de casos fatales. Además de los gastos por el tratamiento y la atención veterinaria (Espinosa *et al.*, 2023). Como complejo conformado por las garrapatas y la babesiosis, se han estimado pérdidas por más de 570 millones de dólares por año (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). Por el impacto económico, se considera que la babesiosis obstaculiza el mejoramiento genético de la ganadería tropical (Solorio-Rivera y Rodríguez, 1997). La magnitud de su distribución es fácil de entender al conocer que la prevalencia regularmente es superior al 50% en las explotaciones en el trópico mexicano, lo que implica alto riesgo de la ocurrencia de brotes en animales susceptibles (Álvarez y Cantó, 1991). En el INIFAP se ha reportado previamente un prototipo de vacuna viva atenuada derivada del cultivo *in vitro*, originalmente producida con un medio de cultivo con alta proporción de suero de bovino. Posteriormente usando las mismas cepas se logró su adaptación al cultivo en ausencia de suero de bovino. El material cosechado derivado de esas innovaciones, se ha evaluado y se ha demostrado que es capaz de inducir protección de al menos 80% en bovinos susceptibles (Álvarez *et al.*, 2004).

Prevención de la babesiosis bovina

Existen diferentes estrategias para prevención y control de la piroplasmosis, entre los que destacan el uso de ixodicidas que indirectamente reducen el número de garrapatas y por ende reducen el riesgo de infección por *Babesia* spp. También se usa la quimioprofilaxis y la quimioterapia, esta última muy efectiva cuando se hace un diagnóstico y un tratamiento oportuno y adecuado (Vial *et al.*, 2006). Sin embargo, la prevención mediante el uso de vacuna viva atenuada es la forma más recomendada para evitar o reducir los brotes clínicos de la babesiosis (Álvarez *et al.*, 2004; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). Inclusive, se ha descrito el uso exitoso de la vacunación en ganado nativo mantenido en condiciones de inestabilidad enzoótica (Ojeda *et al.*, 2010; Alvarez *et al.*, 2019).

Naturaleza del problema



“Materiales y métodos

Localización. Para este estudio la producción de vacuna y las pruebas de laboratorio se realizaron en la unidad de *Babesia* del CENID-SAI del INIFAP. Las actividades de campo se realizaron en dos ranchos, uno ubicado en el Municipio de las Vigas, Ver. a

A nivel internacional muy pocos laboratorios tienen la capacidad técnica de cultivar *in vitro* *B. bovis* y difícilmente *B. bigemina*; en el CENID-SAI tenemos el proceso para las dos especies. Previamente reportamos innovaciones del proceso que han incluido: Eliminación del suero de bovino en el medio de cultivo bovino sustituyéndolo por elementos vitales (insulina-transferrina selenito y putrescina) (Rojas *et al.*, 2016; 2020; Alvarez *et al.* 2021). También por primera vez se logró llevar el cultivo a un biorreactor y se incrementó la infección de eritrocitos de 8% a 30%, lo cual, fue posible con las dos especies *B. bovis* y *B. bigemina* (Rojas *et al.*, 2018). Esas modificaciones significaron dos patentes, aunque lo más importante fue que el material cosechado se validó como inmunógeno en el campo con bovinos altamente susceptibles y los resultados demostraron protección en el ganado vacunado (Alvarez *et al.*, 2020). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar en una confrontación natural un prototipo de vacuna contra la babesiosis bovina derivada del cultivo *in vitro*, con un medio de cultivo libre de componentes de origen animal.

2000 msnm, en donde se adquirieron los bovinos y recibieron una vacuna viva atenuada doble (*B. bovis* y *B. bigemina*). Ahí se mantuvieron por 3 semanas libres de la garrapata *R. microplus*. Posteriormente, fueron llevados al C.E. La Posta del INIFAP en Paso del Toro, Ver. ubicado a 12 msnm con un clima tropical. Ahí se mantuvieron por 25 días en una confrontación natural por exposición al vector y a *Babesia* spp.”.

Producción de vacuna. A partir de material congelado en nitrógeno líquido (-196°C) se restableció el cultivo *in vitro* de *B. bovis* y *B. bigemina* por separado. En ambos casos, las cepas habían sido previamente adaptadas al medio VP-SFM enriquecido con una mezcla de lípidos (Alvarez *et al.*, 2020; 2021). El proceso para la elaboración del inmunógeno fue de acuerdo a lo descrito por Rojas *et al.* (2016).

Animales experimentales. Se utilizaron 12 bovinos Holstein Friesian de un año y medio de edad, se corroboró que fueran libres de *Babesia* spp, *Anaplasma marginale*, brucelosis, tuberculosis, leucosis, IBR y BDV. Se conformaron 2 grupos de 6 bovinos inoculados con: GI) Eritrocitos infectados con *B. bovis* y *B. bigemina* por separado, cultivados *in vitro* con medio libre de componentes de origen animal (VP-SFM). El GII) Grupo control fue inoculado con eritrocitos no infectados. El manejo de los animales se hizo conforme a la NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=743>).

Vacunación y confrontación. Los bovinos se vacunaron y se mantuvieron por 4 semanas en una explotación libre de garrapatas *R. microplus*. La dosis vacunal fue 1×10^8 eritrocitos infectados de cada especie (*B. bovis*, *B. bigemina*) derivadas del cultivo con el medio VP-SFM administrada por vía IM. Para la confrontación los animales se llevaron a una explotación con alta endemicidad de *R. microplus*, *B. bovis* y *B. bigemina*; en donde los bovinos no recibieron ningún ixodida y se expusieron naturalmente al vector y a *Babesia* spp.

Seguimiento clínico. Durante la vacunación y la confrontación, de cada animal se registraron temperatura rectal (TR) y hematocrito (Ht); en ambas fases se recolectó sangre de la vena yugular. En el laboratorio se separaron el plasma y el paquete de eritrocitos que se utilizaron para detectar anticuerpos anti-*B. bovis* y/o anti-*B. bigemina* y

ADN de ambas especies de *Babesia*. Adicionalmente se elaboraba diariamente un frotis individual para la detección de parásitos.

Diagnóstico. La detección de anticuerpos fue mediante inmunofluorescencia indirecta (IFI), por lo que elaboramos antígeno a partir del cultivo de *B. bovis* y *B. bigemina*. Para detectar ADN de *Babesia* se utilizó el PCR con iniciadores utilizados rutinariamente en nuestro laboratorio. Análogamente en garrapatas adultas se detectó ADN de *B. bovis* y *B. bigemina* también por PCR. Ambos procedimientos están estandarizados en el laboratorio, así como la preparación de frotis para la confirmación de parásitos circulantes (Alvarez *et al.*, 2019).

Estatus epidemiológico de babesiosis en el sitio de la confrontación. Previo a la introducción de los animales al potrero en donde el ganado y el pasto estaban infestados con garrapatas, se determinó la seroprevalencia *anti-Babesia* spp del hato local (N=187). De la muestra de sangre se determinó la presencia de anticuerpos anti-*B. bovis* y anti-*B. bigemina* mediante IFI y el ADN de las dos especies por PCR (Figuroa *et al.*, 1993).

Estimación de protección. Un animal afectado debía mostrar de manera simultánea los siguientes parámetros: 1) Fiebre ($> 40^{\circ}\text{C}$) por 3 días consecutivos; 2) Reducción del 25% Ht con respecto al valor basal y 3) Observación de *Babesia* spp. en frotis. Si se observaban estos criterios, entonces se trataban con diaceturato de diminaceno (3,5 mg/kg) vía IM durante 2 días para evitar la muerte (Álvarez *et al.*, 2004).

Análisis estadístico. Se determinó la independencia entre la vacunación y la protección de la enfermedad clínica de los animales, mediante la prueba exacta de Fisher ($P < 0.05$) con respecto a variables de dos y tres categorías. Además, se generaron estadísticas descriptivas para variables tales como títulos de anticuerpos, período de incubación, temperatura rectal y hematocrito (McDonald, 2009).

Resultados

Prevalencia de babesiosis en el hato local. La seroprevalencia del hato del rancho donde se desafiaron los animales fue de 96% a *Babesia* spp. Específicamente 94% y 93% para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente. Mediante PCR la prevalencia fue 88% y 72% para *B. bovis* y *B. bigemina*, en ese orden. En garrapatas ingurgitadas se corroboró la presencia de ambas especies, con una tasa de infección de 15%. Estos resultados reafirmaron que la explotación mantenía condición ideal para el desafío natural.

Monitoreo clínico en vacunación y confrontación. Durante la fase de vacunación ninguno de los bovinos mostró fiebre, en el GI de vacunados al día 8 se observó disminución moderada del Ht de 10% que retornó a valor normal sin tratamiento. Al día 8 en frotis se detectaron parásitos vacunales circulantes en los bovinos vacunados.

A la confrontación en el GI de vacunados al día 8 la TR promedio fue 39.6°C , ese mismo día el promedio del Ht era de 13.8 (Fig. 1). En contraste todos los bovinos del GII no vacunados mostraron fiebre a partir del día 7, la temperatura promedio fue de 40.2°C , los valores mayores se observaron los días 9 y 10. El Ht al día 8 mostró una reducción 27.2% del basal y al día 10 la reducción fue de 40% (**Tabla 1**); además en los 6 animales se detectaron parásitos en los frotis. Asimismo, los bovinos se notaban severamente afectados por babesiosis notándose pérdida de peso (aprox. 20%) y problemas de locomoción. Por la conjunción de los signos descritos, al día 10 se aplicó tratamiento contra babesiosis en los 6 animales del grupo control y se consideró muerte experimental. Tras la aplicación del tratamiento y con la disponibilidad de alimento concentrado y forraje, se recuperaron satisfactoriamente.

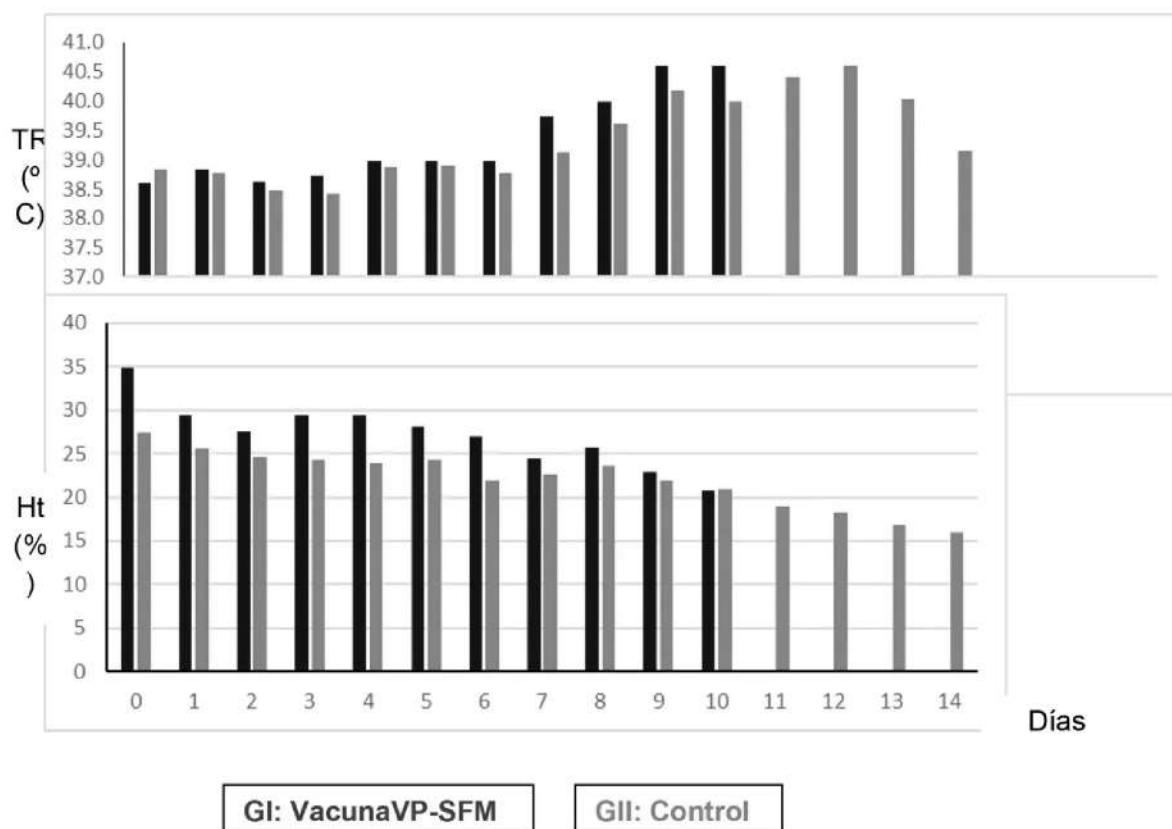


Figura 1

Bovinos vacunados con *Babesia bovis* y *B. bigemina* derivadas del cultivo *in vitro* con medio de cultivo sin componentes de origen animal (VP-SFM). GI Bovinos vacunados; GII Bovinos no vacunados, tratamiento al día 10. TR Temperatura rectal; Ht Hematocrito.

Confirmación de infección con *Babesia* por PCR. En la fase vacunación, todos los bovinos al día cero fueron negativos a la detección de ADN de *Babesia* por PCR. Al día 8 se detectaron ambas especies *B. bovis* y *B. bigemina* en los vacunados.

En la fase de confrontación al día cero entre los animales previamente vacunados se detectó *B. bovis* en 2 y *B. bigemina* en 5. A los 8 días detectaron 6 con *B. bovis* y 4 con *B. bigemina*.

En contraste, en los no vacunados al día cero no se detectó infección por *Babesia*, pero al día 8 aparecieron todos positivos a *B. bovis* y ninguno a *B. bigemina* (Tabla 1). Posteriormente al muestreo del día 15 aparecen todos positivos a ambas especies *B. bovis* y *B. bigemina*.

Respuesta humoral contra *B. bovis* y *B. bigemina*. Durante la fase de vacunación en el GI se notó la seroconversión para ambas especies de *Babesia* al día 10 a dilución 1:80 y en el GII de animales no vacunados no

se detectaron anticuerpos anti-*Babesia*. A la confrontación en el día cero en los bovinos del GI de vacunados los títulos observados fueron 1:5120 y 1:1280 para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente. Los cuales se incrementaron al día 8, alcanzando 1:10240 y 1:20480 en el mismo orden. A diferencia del GI de los no vacunados, en los que al día cero de la confrontación no se detectaron anticuerpos anti-*Babesia*. Pero al día 8 se notó la seroconvirtieron a la dilución 1:80 y 1:160 para *B. bovis* y *B. bigemina*, respectivamente.



Figura 2

- A) Potrero infestado con garrapatas en donde se realizó la confrontación.**
B) Revisión de frotis para la detección de *Babesia* spp.
C) Bovino no vacunado afectado por babesiosis.
D) *Babesia bigemina* de muestra obtenida de un bovino clínicamente afectado.

Protección conferida por la vacunación. Con base en el monitoreo clínico el periodo de incubación fue de 7 días. Entre animales vacunados tres tuvieron una manifestación clínica moderada de la que se recuperaron sin ningún tratamiento. A diferencia de los 6 animales no vacunados, los que tuvieron una presentación clínica severa de babesiosis.

El criterio para la aplicación de tratamiento se cumplió en los bovinos del grupo control, por lo que se consideró

protección de 100% para los vacunados vs ninguna protección para los no vacunados. El análisis no paramétrico mostró que la forma aguda de babesiosis o su ausencia no era independiente del tipo de la vacunación ($P < 0.05$).

Parámetro	GI Vacuna VP-SFM		GII Control	
	Día 0	Día 8	Día 0	Día 8
Temp. Rectal (°C)	38.8	39.6	38.6	40.2
Hematocrito (%)	27.5	23.7 Disminución 13.8%	34.9	25.4 Disminución 27.2%
PCR <i>B. bovis</i>	2/6	6/6	0/5	5/5
PCR <i>B. bigemina</i>	5/6	4/6	0/5	0/5
Anti- <i>B. bovis</i>	1:5120	1:10240	0	1:80
Anti- <i>B. bigemina</i>	1:1280	1:20480	0	1:160

Tabla 1

Monitoreo clínico y diagnósticos molecular y serológico de *B. bovis* y *B. bigemina* en bovinos vacunados contra babesiosis. VP-SFM Vacuna derivada de cultivo *in vitro* con medios sin componentes de origen animal. Seis bovinos por grupo, se descartó un bovino del grupo control por traumatismo.

Discusión

En este estudio demostramos que el prototipo de vacuna de contra babesiosis bovina derivada del cultivo *in vitro* con medio libre de componentes de origen animal, es capaz de inducir alto grado de protección en bovinos susceptibles en condiciones de alta endemidad de *B. bovis* y *B. bigemina*. La respuesta moderada observada en

bovinos vacunados fue análoga a lo reportado en otros estudios, en lo que se ha registrado un incremento en la TR a 8 días post-vacunación (Cantó et al., 1996; Cantó et al., 2003 a, b; Kohl *et al.*, 2004). La fiebre generalmente ha coincidido con la detección de *Babesia* en frotis y corresponde a la estimulación del sistema inmune por la exposición de epitopes de los parásitos a las células inmunitarias. La confirmación de lo antes expuesto se corrobora por la detección de ADN de *B. bovis* y *B. bigemina* mediante PCR en los animales vacunados y ausencia en los no vacunados al inicio de la confrontación.

“

En la confrontación la disminución del Ht en los bovinos del grupo control comparada contra los vacunados se puede explicar por la virulencia de las cepas de campo, la cual, fue controlada en los vacunados por los parásitos vacunales.

Parásitos que prepararon al sistema inmune por la vacunación y su contribución en la protección durante la confrontación. Por otra parte, durante el estudio los bovinos no recibieron ningún tratamiento ixodocida, por lo que la actividad hematófaga de las garrapatas se mantuvo permanentemente. En este estudio se notó la alta infestación de garrapatas, previamente en el mismo rancho otro estudio mostró la endemidad de garrapatas, detectadas sobre el ganado y en el paso (Bautista-Garfias *et al.*, 2015). Por lo tanto, el efecto de la actividad hematófaga se observó en vacunados y no vacunados. Otras evaluaciones de vacuna atenuada han descrito reducciones de 25% del Ht (Cantó et al., 2003b). En relación a la detección de parásitos vacunales de *B. bovis* y *B. bigemina* mediante PCR es razonable debido a que la vacuna está compuesta por parásitos vivos atenuados, los cuales tienen la capacidad de multiplicarse en el bovino. Y la negatividad del grupo control corroboró la ausencia de *Babesia* en la explotación en donde se mantuvieron ese periodo. En la confrontación la expectativa se cumplió, los animales vacunados luego de su ingreso a la zona de alta endemidad de *Babesia* spp. se mantuvieron positivos para ambas especies por PCR. Los del grupo control no vacunados, inicialmente fueron negativos y posteriormente se infectan y se detecta la presencia al día 8 de *B. bovis*. Posteriormente se demuestra la coinfección con *B. bovis* y *B. bigemina* por PCR. La respuesta humoral determinada por IFI ha sido descrita en valoraciones de vacunas atenuadas elaboradas con medios de cultivo estrictamente diferentes (Figuerola *et al.*, 1998; Cantó 2003a). Se sabe que para lograr una respuesta protectora se requiere de la inmunidad innata y de la respuesta celular a través de células T-CD4+ y la producción de anticuerpos neutralizantes. Lo cual facilita la eliminación de parásitos, ya que coadyuvan a la fagocitosis, la producción de citosinas y otros componentes como el óxido nítrico (Florin-Christensen *et al.*, 2014). En este estudio se utilizaron bovinos de un año y medio por lo que se debe destacar que el material vacunal fue inocuo. En otros estudios se ha mencionado que la vacuna necesariamente debe aplicarse en animales no mayores a 3 meses de edad. En caso contrario se presenta la forma clínica de la babesiosis por el material vacunal (Shkap *et al.*, 2005; 2007). Lo cual, puede hacer diferencia por el diferente grado de atenuación de las cepas de *Babesia* utilizadas. En la confrontación realizada en este estudio, la protección de los bovinos vacunados fue de 100%, lo cual, es similar a lo observado en otros estudios en los que la protección ha sido de al menos 80% (Álvarez et al., 2004; Cantó et al., 1996; Figuerola *et al.*, 1998). La perspectiva es determinar una evaluación inmunológica detallada para determinar si la elaboración de la vacuna con medio de cultivo libre de componentes de origen animal resulta en una mayor especificidad y por ende en mayor solidez de la respuesta tanto humoral como celular.

Conclusión

El inmunógeno de *B. bovis* y *B. bigemina* derivada del cultivo sin la utilización de componentes de origen animal es un nuevo prototipo de vacuna contra la babesiosis bovina. Su uso induce alta proporción de protección en

animales contra cepas virulentas de campo, lo que redundaría en ausencia o reducción de brotes clínicos de babesiosis. El proceso de elaboración de vacuna y la demostración de protección de animales susceptibles, debieran generar el interés de algún laboratorio de producción de biológicos para que se realice la validación en bovinos en diferentes etapas reproductivas y la posible transferencia de la tecnología para su uso masivo.

Referencias

1. Álvarez, J.A., Cantó, G.J., 1991. Diagnóstico de la babesiosis bovina. En: Quiroz R. ed. Diagnóstico y control de parásitos de animales y el hombre. División del Sistema Universidad Abierta. pp. 62-71.
2. Álvarez, J.A., Ramos, J.A., Rojas, E.E., Mosqueda, J.J., Vega, C.A., Olvera, A.M., Figueroa, J.V., Cantó, G.J., 2004. Field challenge of cattle vaccinated with a combined *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* frozen immunogen. *Ann. New York Acad. Sci.* 1026: 277-283.
3. Álvarez, J. A., Rojas, C., Figueroa, J. V. (2020). An Overview of Current Knowledge on in vitro *Babesia* Cultivation for Production of Live Attenuated Vaccines for Bovine Babesiosis in Mexico . *Front Vet Sci*, 7.
4. Alvarez, J. A., Rojas, C., Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic Tools for the Identification of *Babesia* spp. persistently Infected Cattle. *Pathogens*, 8(3).
5. Álvarez Martínez, J.A.; Figueroa Millán, J.V.; Ueti, M.W.; Rojas-Martínez, C. 2020. Innovative Alternatives for Continuous in vitro culture of *Babesia bigemina* in medium free of components of animal origin. *Pathogens*, 9, 343.
6. Álvarez Martínez, J.A.; Figueroa Millán, J.V.; Ueti, M.W.; Rojas-Martínez, C. 2021. Establishment of *Babesia bovis* In Vitro Culture Using Medium Free of Animal Products. *Pathogens*, 10, 770.
7. Bautista-Garfias, C.R., Lozano, A.R., Rojas-Martínez, C., Álvarez, J.A., Figueroa, J.V., García, G.R., Castañeda-Arriola, R., Aguilar-Figueroa, B.R., 2015. Co-immunization of cattle with a vaccine against babesiosis and *Lactobacillus casei* increases specific IgG1 levels to *Babesia bovis* and *B. bigemina*. *Parasitol. Int.* 64: 319-323.
8. Cantó G.J., Figueroa, V.J., Álvarez, J.A., Ramos, J.A., Vega, C.A. 1996. Capacidad inmunoprotectora de una clona irradiada de *Babesia bovis* derivada del cultivo in vitro. *Téc. Pecu. Méx.* 34: 127-135.
9. Cantó, G.J., Álvarez, J.A., Rojas, E.E., Ramos, J.A., Mosqueda, J.J., Vega, C.A., Figueroa, J.V., 2003a. Protección contra babesiosis bovina con una vacuna mixta de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* derivada de cultivo in vitro bajo una confrontación de campo. *Inmunización en un área libre de la enfermedad. Vet. Méx.* 34:323-332.
10. Cantó, G.J., Rojas, E.E., Álvarez, J.A., Ramos, J.A., Mosqueda, G.J., Vega, C.A., Figueroa, J.V., 2003 b. Protección contra babesiosis con una vacuna mixta de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina* derivada de cultivo in vitro bajo una confrontación de campo. II. *Inmunización en un área endémica. Téc. Pecu. Méx.* 41:307-315.
11. Espinosa, T. V. S., Figueroa, J. V., Espinosa, R. M. S., García, G. M., Amaya, J. J. L., Martínez, J. A. Á., Rojas-Martínez, C., & Carrasco, J. J. O. 2023. Clinical and immunomolecular monitoring in cattle infected with virulent or attenuated *Babesia bigemina* microorganisms. *Journal Of Agricultural Sciences Resarch*, 3(2), 2-11.
12. Figueroa, J.V., Chieves, L.P., Johnson. Buening, G.S. 1993. Multiplex polymerase chain reaction based assay for the detection of *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* DNA in bovine

blood, Vet. Parasitol. 50:69–81.

13. Florín-Christensen, M., Suarez, C.E., Rodriguez, A.E., Flores, D.A., Schnittger, L. 2014. Vaccines against bovine babesiosis: where we are now and possible roads ahead. Parasitol. 141, 1563–1592.
14. Kohl, K.S., Marcy, S.M., Blum, M., Jones, M.C., Dagan, R., Hansen, J., Nalin, D., Rothstein, E. 2004. Fever after immunization: current concepts and improved future scientific. understanding, Clin. Infect. Dis. 39:389–394.
15. McDonald, J.H. 2009. Handbook of Biological Statistics (2nd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. pp. 70-75.
16. Ojeda, J.J., Orozco, L., Flores, R., Rojas, C, Figueroa, J.V., Álvarez, J.A., 2010. Validation of an attenuated live vaccine against babesiosis in native cattle in an endemic area. Trans. Emerg. Dis. 57: 84-86.
17. Rodríguez-Vivas, R.I. Grisi, L., Pérez de León A.A., Silva, V.H., Torres-Acosta J.F.J. Fragoso, S.H., Romero, S.D., Rosario, C.R., Saldierna, F., García, C.D., 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 8: 61-74.
18. Rojas-Martínez C, Rodriguez-Vivas RI, Figueroa-Millán JV, Acosta-Viana KY, Gutiérrez-Ruiz EJ, Álvarez-Martínez JA. In vitro culture of Babesia bovis in a bovine serum-free culture medium supplemented with insulin, transferrin, and selenite. Exp Parasitol 2016; 170:214-219.
19. Rojas-Martínez C, Rodriguez-Vivas RI, Figueroa-Millán JV, Acosta-Viana KY, Gutiérrez-Ruiz EJ, Álvarez-Martínez JA. 2017. Putrescine: Essential factor for in vitro proliferation of Babesia bovis. Exp Parasitol. 175:79-84.
20. Rojas-Martínez C, Rodriguez-Vivas RI, Figueroa-Millán JV, Acosta-Viana KY, Gutiérrez-Ruiz EJ, Bautista-Garfias CR, Lira-Amaya JJ, Polanco-Martínez DJ, Álvarez-Martínez JA. 2018A1. Babesia bigemina: Advances in continuous in vitro culture using serum free medium, supplemented with insulin, transferrin, selenite and putrescine. Parasitol Intl; 67:294-301.
21. Shkap, V., de Vos, A.J., Zwegarth, E., Jongejan, F., 2007. Attenuated vaccines for tropical theileriosis, babesiosis and heartwater: the continuing necessity. Trends Parasitol. 23: 420-426.
22. Shkap, V., Leibovitz, B., Krigel, Y., Hammerschlag, J., Marcovics, A., Fish, L., Molad, T., Savitsky, I., Mazuz, M. 2005. Vaccination of older Bos taurus bulls against bovine babesiosis, Vet. Parasitol. 129:235–242.
Solorio-Rivera, J.L., Rodríguez-Vivas, R.I., 1997. Epidemiología de la babesiosis bovina I. Componentes epidemiológicos. Rev. Biomed. 8: 37-47.
23. Vial, H.J., Gorenflot, A., 2006. Chemotherapy against babesiosis. Vet Parasitol. 138:147-160.

Cuantificación de los recursos e insumos utilizados en granjas tecnificadas para la crianza intensiva de cerdos: Un caso de estudio

Huerta Silva Héctor Daniel¹, Aguilar Morales Shunashi Yectzin y Giraldi Díaz Mario Rafael¹

¹Facultad de Ingenierías y Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria. C.P. 91090. Xalapa, Veracruz, México.

Resumen

En esta investigación se cuantificaron los recursos e insumos utilizados en las diferentes fases de la producción intensiva de cerdos en granjas del oriente de México, mediante la aplicación de la metodología cuantitativa. Este estudio se enfocó en los procesos y actividades que se realizan de manera cotidiana en el sistema productivo: (i) consumo de agua, (ii) consumo de alimento, (iii) uso de energía eléctrica y (iv) combustibles como gas LP y diésel. La base de datos del inventario se conformó con la información recuperada en visitas de campo realizadas en granjas locales. Los resultados globales indicaron que el mayor consumo de agua por los animales se presenta en la fase de engorda de cerdos (41.9%), seguido de la gestación (21.9%) y la lactancia de cerdas (13.6%), mientras tanto, el mayor consumo de alimento balanceado se encuentra en la fase de engorda con el 53.2%, así como en la gestación y lactancia, que en conjunto representan el 27.5%. El mayor consumo de energía eléctrica y combustibles se presentó en la posta de sementales con un 30.7% y en la fase de gestación con 27.1%. En este contexto, la demanda de los recursos e insumos fueron menos significativos en las fases de aclimatación e inseminación de cerdas, así como en el destete de lechones, derivado de que en estos casos los resultados fueron menores al total de los valores cuantificados. Finalmente, una correcta gestión de los recursos, materiales e insumos que se requieren durante la crianza de cerdos aumenta su eficiencia, disminuye costos de operación y permite la rentabilidad del sistema, obteniendo beneficios económicos, sociales y ambientales que fomentan la sustentabilidad.

Palabras clave: Producción porcina, cuantificación, sustentabilidad.

1. Introducción

El aumento de la población mundial, el desarrollo económico, así como los cambios en las dietas alimenticias, que permiten mejorar la calidad de vida de las personas, han hecho que la carne de cerdo se convierta en un alimento básico [1]. El consumo mundial per cápita de carne de cerdo fue de 32 kg en 2023 [2], lo que corresponde al 4.7% de las calorías consumidas por persona dentro de una dieta convencional [3]. En cuanto a la producción global de carne de cerdo en 2023 fue de 123,139 millones de toneladas, que representa un crecimiento anual promedio de 2.45% durante las últimas décadas [4]. El país con mayor producción en 2023 fue China, mientras que México ocupó el 8° lugar con 1,767 millones de toneladas, que representa un consumo per cápita de 24.5 kg anualmente [4,5]. A nivel global, se ha reportado que la crianza intensiva de cerdos genera alrededor del 18% de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) de la ganadería, contribuyendo en el

sector más grande de la industria cárnica [6,7] mientras tanto, su consumo energético representó el 31% en el sector agropecuario [8,9]. Dentro de la producción de carne para consumo humano, la carne de cerdo presenta uno de los mayores volúmenes de agua dulce necesarios para asimilar la carga de contaminantes derivados de un sistema productivo [10] comercialmente, representa un aporte de 3.25% del agua virtual exportada globalmente [11].

El sector porcino es un sistema que incluye el mantenimiento de instalaciones para la crianza intensiva, el consumo de agua, electricidad y combustibles, el transporte de los insumos requeridos, así como el suministro de alimentos provenientes de productos agrícolas [6,7]. Diversos investigadores han reportado que los principales impactos ambientales en el sector son resultado de la demanda de recursos para el suministro de alimentos balanceados, que está conformado por maíz, harina de soya, trigo y cebada, entre otros productos. Además, influyen los procesos para la obtención de la carne de cerdo, los desechos de los animales, como los purines, que son una causa de la contaminación al depositarse en el agua y en el suelo, así como la generación de emisiones a la atmósfera que provocan malos olores y efectos sociales negativos [12,13].

En México, las actividades porcícolas han tenido un crecimiento en los últimos cinco años, en donde se generan más de un millón 700 mil toneladas anualmente, en los estados de Jalisco (23%), Sonora (18%), Puebla (11%), Yucatán (10%), Veracruz (9%) y Guanajuato (8%), que en conjunto representan el 79% de la producción total nacional [14]. En la actualidad, la industria porcina además de mostrar un desempeño productivo y económico, deberá ser sustentable mediante el uso de fuentes alternativas de alimentación, disminuyendo el contenido de proteína cruda, incrementando el manejo de residuos, la gestión de aguas y lodos residuales, el uso moderado del agua para el lavado, la eficiencia energética, la producción de biogás y la adquisición de infraestructura tecnológicamente equipada [15]. Por lo tanto, la cuantificación de los recursos, materiales e insumos utilizados durante la crianza intensiva de cerdos, permitirá determinar acciones y áreas de oportunidad para preservar los recursos, minimizando los efectos del cambio climático y los impactos ambientales asociados a la cadena productiva.

2. Metodología

En esta investigación se analizó la cadena de producción de la crianza intensiva de cerdos, mediante la aplicación de la metodología cuantitativa [16]. La información detallada es esencial en cada fase del sistema productivo, por ello los datos fueron obtenidos mediante trabajo de campo y estudios relacionados, que consistieron en la verificación de las fases que conforman el ciclo de producción de los cerdos, el conocimiento de las actividades diarias en la granja, la identificación de recursos e insumos, como agua, alimento, consumo de energía y combustibles.

Por lo tanto, este estudio se desarrolló utilizando la información recuperada con base a las entrevistas realizadas a expertos en la crianza intensiva de cerdos en granjas porcícolas de la región oriente de México, incluyendo las fases productivas; posta de sementales, aclimatación, maternidad (inseminación, gestación, lactancia), destete y engorda. Para tal efecto se elaboraron cuestionarios para su aplicación a productores y posteriormente, se realizaron los cálculos de materia y energía para determinar los valores de los recursos e insumos requeridos. Una vez que se cuantificaron y validaron los valores unitarios obtenidos, se conformó el inventario final.

El objetivo y los alcances del estudio se presentan a continuación:

(a) Objetivo:

- Analizar las fases de producción de la crianza intensiva de cerdos, mediante una investigación científica para cuantificar los recursos e insumos utilizados en la granja.

(b) Alcances:

- Se identificaron las diferentes fases durante la crianza intensiva de cerdos.
- Los cálculos fueron realizados en función de los recursos, materiales e insumos que se requieren durante las fases de producción (agua, alimento, energía y combustibles).
- Se realizaron los inventarios correspondientes para conocer los valores unitarios de la demanda de los recursos, materiales e insumos que se requieren en las diferentes fases de la crianza intensiva de los cerdos.
- Para la validación de la información y la calidad de los datos, estos fueron recopilados mediante entrevistas directas realizadas a especialistas del sector porcino, además de la consulta de instituciones ganaderas, libros, revistas, manuales e información de investigaciones desarrolladas internacionalmente.

Es importante destacar que, para la elaboración del alimento balanceado, se realizó una comparación de dietas y fórmulas alimenticias propuestas en otras investigaciones similares al modelo de la crianza de los cerdos en el caso de estudio. En este contexto, una granja de producción intensiva de cerdos, por normatividad debe de estar diseñada y construida con los más altos estándares de calidad, adaptada con los mejores equipos, maquinaria y tecnología, por ello, es valioso realizar la cuantificación de los recursos, materiales e insumos, para conocer el funcionamiento y la operación de la cadena productiva del sector porcícola.

3. Resultados y discusión

A continuación, se presenta el inventario con los valores unitarios obtenidos en la cuantificación de los recursos, materiales e insumos requeridos, además, se describen con detalle los procesos y actividades del sistema de producción de cerdos. En cada inventario realizado se considera para un semental una vida útil de entre dos o tres años, en cuanto a las cerdas un tiempo de dos años o su equivalente a 6 partos, mientras tanto, la fase de gestación son 115 días, para la lactancia de cerdas es de 28 días, el destete de lechones de 49 días y la engorda de los cerdos de 119 días, respectivamente.

Extracción de agua para las granjas: La principal fuente de obtención de agua en esta región, es a partir de la extracción de pozos profundos, para ello se requiere de una bomba sumergible con potencia de 40 a 50 HP. Los tiempos de operación de los pozos son variables, dependiendo el tipo de granja, en una maternidad o engorda de cerdos, se requiere mayor cantidad de agua, por otro lado, en una posta de sementales, aclimatación de cerdas o granja de destete, menor cantidad de agua [17]. En este proceso se contabiliza el agua bruta extraída de los pozos, considerando las pérdidas hidráulicas en procesos industriales del 10 al 20% [18,19,20].

Consumo de agua en las granjas: El agua para el consumo de los animales es transportada a través de tuberías que conforman las líneas hidráulicas, las cuales se encuentran operando mediante el uso de bombas centrífugas con una potencia de 7.5 a 15 HP. Estas bombas operan de manera automática las 24 horas durante todo el año [21]. Por otra parte, para proveer de este vital recurso a los animales, se utilizan chupones de acero inoxidable, que se encuentran calibrados de forma adecuada para tener un flujo de agua continuo y satisfacer sus necesidades, de acuerdo con los requerimientos necesarios para cada fase (**Tabla 1**).

TABLA 1

Consumo de agua en la crianza intensiva de cerdos.

Fases de la crianza intensiva	Consumo diario de agua por animal	Consumo diario de agua por animal	Unidades
Posta de sementales	17.50	15 - 20	litros
Aclimatación de cerdas	12.50	10 - 15	litros
Inseminación de cerdas	12.50	10 - 15	litros
Gestación de cerdas	17.00	16 - 18	litros
Lactancia de cerdas	27.50	25 - 30	litros
Destete de lechones (inicio)	3.50	2.5 - 4.5	litros
Destete de lechones (final)	4.35	3.7 - 5.0	litros
Engorda de cerdos (inicio)	7.50	5.0 - 10	litros
Engorda de cerdos (final)	9.10	8.2 - 10	litros

Fuente: Elaboración Propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Uso de agua para el lavado y desinfección de corrales: El agua utilizada para el lavado y desinfección de los corrales (**Tabla 2**) se transporta mediante tuberías hidráulicas, a través de bombas centrífugas con una potencia de 7.5 a 15 HP, así mismo el uso de hidrolavadoras tipo kärcher con potencia de 5 y 7.5 HP, que se encuentran suministrando una dosis óptima de desinfectante por cada metro cuadrado de área. Por otra parte, la recirculación de agua se realiza mediante bombas sumergibles de 5, 7.5 y 25 HP, transportando las aguas residuales de la granja a las lagunas de evaporación [17]. El tiempo de operación de los equipos, los metros cúbicos de agua, litros de desinfectante y las horas de lavado dependen de la suciedad y las dimensiones de la granja.

TABLA 2

Uso de agua para lavado y desinfección de los corrales.

Fases de la crianza intensiva	Uso diario de agua por animal	Promedio de uso diario	Unidades
Posta de sementales	34.86	33.86 - 35.86	litros
Aclimatación de cerdas	5.70	4.70 - 6.70	litros
Inseminación de cerdas	5.70	4.70 - 6.70	litros
Gestación de cerdas	9.65	8.65 - 10.65	litros
Lactancia de cerdas	10.45	9.45 - 11.45	litros
Destete de lechones	1.55	1.25 - 1.85	litros
Engorda de cerdos	4.65	4.0 - 5.30	litros

Fuente: Elaboración Propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Elaboración del alimento balanceado: Inicia con la obtención de las materias primas, compuestos orgánicos e inorgánicos, vitaminas y minerales traza, para su manufactura y posteriormente convertirse en alimento balanceado [27]. Debido a la confidencialidad de la información en la formulación de las dietas alimenticias, se realizaron los cálculos necesarios para ajustarse a fórmulas de alimento de alto nivel, reportadas por

[28,29,30,31] como se muestra en la **Tabla 3**. Una vez que el alimento ha sido elaborado, es transportado hacia las granjas mediante tolvas y se deposita en silos metálicos con capacidades de 5, 10, 15 y 20 toneladas que se encuentran en las granjas.

TABLA 3									
Porcentaje de materias utilizadas para la elaboración del alimento balanceado.									
Materias primas	Fases de la crianza intensiva de cerdos								
	Posta de sementales	Acclimatación de cerdas	Inseminación de cerdas	Gestación de cerdas	Lactancia de cerdas	Destete de lechones (inicio)	Destete de lechones (final)	Engorda de cerdos (inicio)	Engorda de cerdos (final)
Aceite de soya	----	----	----	----	----	3.8%	----	0.33%	3.3%
Cebada	30%	----	----	5%	30.1%	----	6%	----	----
Grasas animales	----	----	----	0.7%	----	2.5%	5.5%	0.45%	----
Harina de canola	3%	----	----	5.5%	3%	----	----	----	----
Harina de girasol	4%	----	----	7.5%	4%	----	----	----	----
Harina de soya	13.4%	14%	14%	5%	13.5%	24%	28%	27.85%	17%
Maíz	28.2%	82.5%	82.5%	43.1%	28.1%	22%	37%	66.67%	77.67%
Melaza	1%	----	----	1%	1%	3%	1.6%	----	----
*Compuestos inorgánicos	----	3.25%	3.25%	----	----	1.4%	1.6%	----	1.51%
**Compuestos orgánicos	7.1%	0.25%	0.25%	0.7%	7%	28.8%	2.3%	1.83%	0.52%
Trigo en ensilaje	6.3%	----	----	14.9%	6.3%	----	----	2.87%	----
Trigo en grano	7%	----	----	13.6%	7%	14.5%	18%	----	----
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia. Con información de [28,29,30,31].

*Compuestos inorgánicos: caliza, carbonato de calcio, cloruro de sodio, fosfato de calcio y fosfato dicálcico.

**Compuestos orgánicos: arroz, fitasa, habas, harina de animales, harina de salvado de arroz, harina de pescado, lisina, metionina y otros aminoácidos.

Consumo de alimento balanceado en las granjas: Para llevar a cabo la distribución del alimento balanceado dentro de la granja, se requiere de equipos y una adecuada infraestructura para transportar el alimento desde los silos a los comederos, en este proceso se utilizan motorreductores, que operan mediante un tornillo sinfín y están programados automáticamente las 24 horas del día, para hacer llegar el alimento hasta los depósitos y mantenerlos llenos para que los animales puedan alimentarse, las cantidades de alimento balanceado corresponden al valor necesario del consumo de los animales dependiendo directamente de su edad fisiológica (**Tabla 4**) [32].

TABLA 4

Consumo de agua en la crianza intensiva de cerdos.

Fases de la crianza intensiva	Consumo diario de alimento por animal	Promedio de consumo diario	Unidades
Posta de sementales	17.50	2.0 - 3.0	kilogramos
Aclimatación de cerdas	12.50	1.5 - 2.5	kilogramos
Inseminación de cerdas	12.50	2.0 - 3.0	kilogramos
Gestación de cerdas	17.00	2.0 - 2.4	kilogramos
Lactancia de cerdas	27.50	5.0 - 6.0	kilogramos
Destete de lechones (inicio)	3.50	0.4 - 0.9	kilogramos
Destete de lechones (final)	4.35	0.5 - 1.0	kilogramos
Engorda de cerdos (inicio)	7.50	1.5 - 2.5	kilogramos
Engorda de cerdos (final)	9.10	1.7 - 2.8	kilogramos

Fuente: Elaboración Propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Consumo de energía eléctrica en las granjas: La energía que se requiere en su mayor medida proviene de la red eléctrica nacional, la cual permite hacer funcionar todos los equipos que se encuentran dentro y fuera de la granja; cercos eléctricos, alarmas, iluminación en general, motorreductores para la distribución del alimento balanceado, ventiladores y bombas centrífugas para transportar el agua, hidrolavadoras para el lavado y limpieza de los corrales y las bombas sumergibles para la extracción y recirculación de agua, así como el bombeo de las aguas residuales en las lagunas y los aireadores dentro de los biodigestores (**Tabla 5**) [33]. Es importante mencionar que un porcentaje de la cantidad de energía eléctrica utilizada en las granjas, es obtenida a través de motor generadores impulsados por el biogás de los digestores anaerobios.

TABLA 5

Consumo de energía eléctrica en las granjas de la crianza intensiva de cerdos.

Fases de la crianza intensiva	Consumo diario de energía por animal	Unidades
Posta de sementales	1.046	kWh
Aclimatación de cerdas	0.660	kWh
Inseminación de cerdas	0.038	kWh
Gestación de cerdas	0.272	kWh
Lactancia de cerdas	0.077	kWh
Destete de lechones (inicio)	0.018	kWh
Destete de lechones (final)	0.042	kWh
Engorda de cerdos (inicio)	0.026	kWh
Engorda de cerdos (final)	0.031	kWh

Fuente: Elaboración Propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Uso de gas LP en las granjas: La calefacción de las granjas consiste en utilizar energía eléctrica, pero en su mayor proporción se utiliza el gas LP, que es transportado a través de tuberías de cobre y mediante un intercambiador el aire se calienta a temperaturas controladas y se distribuye de manera uniforme por todos los

espacios, el tiempo de uso y operación es variable de acuerdo con la época del año, su mayor uso se da en la granja de maternidad, cuando las cerdas se encuentran en lactancia, debido a que los lechones requieren de una temperatura óptima similar al del vientre de la cerda, así como en la granja de destete para controlar la temperatura ambiental evitando aplastamiento entre ellos por falta de calor (**Tabla 6**) [26,33].

TABLA 6		
Uso de gas LP en las granjas de la crianza intensiva de cerdos.		
Fases de la crianza intensiva	Uso diario de gas LP por animal	Unidades
Posta de sementales	0.0700	litros
Aclimatación de cerdas	0.0009	litros
Inseminación de cerdas	0.0012	litros
Gestación de cerdas	0.0087	litros
Lactancia de cerdas	0.0024	litros
Destete de lechones (inicio)	0.0044	litros
Destete de lechones (final)	0.0103	litros
Engorda de cerdos (inicio)	0.0006	litros
Engorda de cerdos (final)	0.0008	litros

Fuente: Elaboración propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Uso de diésel por el motor generador de energía eléctrica en las granjas: Se lleva a cabo mediante un motor generador de combustión interna, que está programado para encender y apagar automáticamente de manera independiente, este motor debe de permanecer a una temperatura adecuada para evitar descomposturas [26,33]. El generador de energía empieza a operar solo cuando existe alguna falla en la red eléctrica que suministra a la granja o en casos particulares cuando algunos equipos de la granja se encuentran en reparación o mantenimiento. El tiempo de operación y litros de combustible utilizados es variable (**Tabla 7**), dependen de factores externos por alguna falla técnica o un fenómeno meteorológico, debido a que en la región de estudio son constantes los cambios bruscos en el estado del tiempo.

TABLA 7

Uso de diésel en las granjas de la crianza intensiva de cerdos.

Fases de la crianza intensiva	Uso diario de diésel por animal	Unidades
Posta de sementales	0.01300	litros
Aclimatación de cerdas	0.00120	litros
Inseminación de cerdas	0.00016	litros
Gestación de cerdas	0.00110	litros
Lactancia de cerdas	0.00032	litros
Destete de lechones (inicio)	0.00009	litros
Destete de lechones (final)	0.00021	litros
Engorda de cerdos (inicio)	0.00010	litros
Engorda de cerdos (final)	0.00012	litros

Fuente: Elaboración propia. Con información de [22,23,24,25,26].

Por lo anterior, los valores obtenidos de manera unitaria en los diferentes procesos de las fases de la crianza intensiva de cerdos, en algunos casos se pueden observar con valores altos, en la demanda de recursos e insumos. Sin embargo, al realizar una cuantificación general que incluya todas las fases del sistema de producción, considerando el número total de animales que se encuentran en cada granja, demostrará que estos valores pueden aumentar o disminuir dependiendo directamente de su edad fisiológica. Ejemplo de ello es la cuantificación del uso de agua para el lavado de los corrales, debido a que también se contabiliza el agua necesaria para la limpieza y el aseo del personal que labora en la granja, por lo que estos valores en cualquier fase pueden variar significativamente. No obstante, los consumos más altos de los demás recursos e insumos se siguen atribuyendo a la fase final de la engorda de los cerdos.

4. Conclusiones

Esta investigación permitió conocer el desempeño ambiental de una granja de crianza intensiva de cerdos en el oriente de México, a través del desarrollo de la base de datos que permitió concentrar el inventario con la cuantificación los recursos, materiales e insumos asociados a la producción porcina, identificando al mismo tiempo, las fases que demandan mayores recursos.

Los resultados demostraron que durante la fase de engorda de los cerdos, se generó el mayor consumo de recursos e insumos, y en todos los casos, los valores fueron superiores al 45%, seguido del consumo que se presentó en las fases de gestación y lactancia de las cerdas con el 21%. Las principales causas de estos resultados estuvieron relacionadas con la duración de los días que tiene cada fase de producción. Por otra parte, la fase de aclimatación de las cerdas y el destete de lechones, presentaron los valores mínimos en el consumo de recursos a lo largo de la cadena productiva.

Entre las áreas de oportunidad dirigidas al sector porcícola, empresarios y productores, es la implementación de buenas prácticas y estrategias para la gestión adecuada de los recursos, materiales e insumos dentro del sistema productivo, que permitan adquirir beneficios económicos, sociales y ambientales, a través del ahorro de recursos hídricos, eficiencia energética, así como la adquisición de insumos provenientes del mercado local, además de la valorización y la gestión integral de residuos de los animales.

Una propuesta importante que surge a partir de esta investigación, está relacionada con estudios enfocados a la gestión del agua para los sistemas de producción porcina, debido a que la información reportada tanto a nivel nacional e internacional es escasa, no se ha encontrado algún método en donde sea posible la comparación del uso de recursos hídricos en la crianza intensiva de los cerdos.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación, en comparación con otros estudios, reafirman que el desempeño ambiental de la producción porcina está influenciado por: el consumo de agua, el suministro de alimento, la eficiencia energética, la tecnificación de las granjas, así como la disminución en la generación de emisiones entéricas provenientes del manejo adecuado de los residuos porcícolas.

Referencias

1. Alba RY, Barrera EL, Sarduy VA, Pérez GM, Hermida GO & Dewulf J (2019). Life Cycle Assessment for the Cuban pig production: Case study in Sancti Spiritus. *Journal of Cleaner Production*. 219, 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.047>.
2. Andrés CC (2024). Proyecciones para el consumo per cápita de carne de cerdo 2024-2030. *3tres.com Comunidad Profesional Porcina*. https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/proyecciones-para-el-consumo-per-capita-de-carne-de-cerdo-2024-2030_15564/#:~:text=Con%20los%20resultados%20de%20los,result%C3%B3%20de%2032%20kg%2Fhab
3. FAO (2020). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformar los sistemas alimentarios para lograr dietas saludables y asequibles; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Roma, Italia; ISBN 978-92-5-132901-6
4. FAO (2023). Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d1b7ac97-7ad3-4c95-98fd-3568def8a75c/content>.
5. FAO (2024). Crops and livestock products. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>.
6. Dennehy C, Lawlor PG, Jiang Y, Gardiner GE, Xie S, Nghiem LD & Zhan X (2017). Greenhouse gas emissions from different pig manure management techniques: a critical analysis. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. vol. 11, (11). <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0942-6>.
7. Pexas G, Mackenzie SG, Wallace M & Kyriazakis I (2020). Environmental impacts of housing conditions and manure management in European pig production systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Journal of Cleaner Production*. 253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120005>.
8. USDA (2024) Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. *United States Department of Agriculture*: Washington, DC, USA. https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf.
9. Mujkić Z, Gashi S, Hamidović Š (2019). Consumer Impact on Supply Chain Sustainability. *Procedia*

Manufacturing. 38, 1167-1173. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.206>.

10. FAO (2020). The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming Water Challenges in Agriculture; *Food and Agriculture Organization of the United Nations*; Rome, Italy, vol. 210, ISBN 978-92-5-133441-6.

11. Ibidhi R & Ben Salem H (2020). Water footprint of livestock products and production systems: A review. *Animal Production Science*. 60, 1369-1380. <https://doi.org/10.1071/AN17705>.

12. Lesur L (2003). Manual de Porcicultura, 1st ed.; México: Editorial Trillas, S.A. de C.V., Ciudad de México, p. 80. ISBN 978-968-24-6884-1.

13. Owusu-Twum MY & Sharara MA (2020). Sludge management in anaerobic swine lagoons: A review. *Journal of Environmental Management*. 271, 110949. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110949>.

14. OPORMEX (2023). Reporte Estadístico: Panorama del Sector.
<https://opormex.org.mx/wp-content/uploads/2023/11/Reporte-estadistico-PANORAMA-DEL-SECTOR-Segunda-quincena-de-octubre-de-2023-JIE-OPORMEX.pdf>.

15. Lassaletta L, Estellés F, Beusen AHW, Bouwman L, Calvet S, van Grinsven HJM, Doelman JC, Stehfest E, Uwizaye A & Westhoek H (2019). Future global pig production *systems* according to the Shared Socioeconomic Pathways. *Science of The Total Environment*. 665, 739-751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.079>.

16. Mohajan HK (2020). Quantitative research: A successful investigation in natural and social sciences. *Journal of Economic Development, Environment and People*. 9 (4) 50-79. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=939590>.

17. Gallardo RV, Jiménez OJR, Huerta RVH (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.

18. IMTA (2007). Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución. https://www.freewebs.com/mbuenfil/documentos_estudios/IMTA_6_control-perdidas.pdf.

19. Bourguett OV y Ochoa AL (2003). Reducción integral de pérdidas en sistemas de distribución de agua potable. Universidad de México. http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/2046/OT_218.pdf?sequence=1&isAllowed=y

20. CONAGUA (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>.

21. Armenta TJA, García VJ y Cruz RN (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.

22. Ortega PF, Pérez MO y Bello HP (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.

- 23.** Vázquez, CA; González, JS y García RE (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 24.** Arcos AM, De Jesús ME y Torres RF (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 25.** Hernández MA, Ramírez JC y Rodríguez JE (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 26.** Martínez SL, Serrano VR y Sánchez SA (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 27.** López HVM, Rojas CN y Cruz MO (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 28.** Olea PR (2010). *Analysis of Sustainability in the Pig Production Chain: Life Cycle Assessment of Contrasting Scenarios*. [pHd Thesis]. Newcastle University. United Kingdom.
<https://theses.ncl.ac.uk/jspui/bitstream/10443/998/1/Olea%20Perez%2010.pdf>
- 29.** Cherubini E, Zanghelini GM, Augusto R, Alvarenga F, Franco D & Soares SR (2015). Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. *Journal of Cleaner Production*. 30, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.035>.
- 30.** González GS, Belo S, Cláudia DA, Várzea J, de la Costa R, Ferreira A, Pinto AL & Arroja L (2015). Life cycle assessment of pigmeat production: Portuguese case study and proposal of improvement options. *Journal of Cleaner Production*. vol 100. 126-139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.048>.
- 31.** Noya I, Villanueva RP, González GS, Fernández MD, Rodríguez MR & Moreira MT (2017). Life Cycle Assessment of pig production: A case study in Galicia. *Journal of Cleaner Production*. vol. 142 (4), 4327-4338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.160>.
- 32.** Hernández HMA, García LA y Mora BA (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.
- 33.** Zamora SJY y Zavala JA (2023). Trabajo de campo en el sector porcícola, Veracruz, México. Comunicación personal.

Determinación de la correlación entre los días no productivos por hembra y su impacto económico en una granja comercial en México

Ortega A.¹, Castillo K¹.

¹Cargill Animal Nutrition Mexico

Palabras clave: Hembras, Días No Productivos, Impacto económico.

Introducción.

La gestión eficaz de los Días No Productivos (DNP) en la producción porcina es fundamental para maximizar la rentabilidad y eficiencia en las granjas. Un DNP es definido como todo aquel día en el que una hembra adulta o primeriza no se encuentra ni gestante, ni lactante. (Koketsu Y, 2005). Dentro de este contexto, la gestión y monitoreo de los DNP emerge como un área crítica de estudio y análisis ya que cualquier pérdida en la productividad puede tener un impacto significativo en los resultados económicos de una granja. El propósito de este trabajo es proporcionar una comprensión objetiva del valor financiero que representan los DNP en una producción porcina de México. Adicionalmente hoy se sabe que el estudio de los días no productivos es un tema bastante estudiado, actualmente existen fórmulas publicadas las cuales dan un valor financiero a un día no productivo. La intención de este trabajo es ofrecer una nueva alternativa de representar el valor económico de un día no productivo en una granja porcina.

Material y Métodos.

Se recopilaron los datos productivos de 1 año de producción en una granja multisitios tecnificada ubicada en una zona geográfica de clima semiseco (17.4 °C promedio al año) con 1600 hembras en producción. Posee un sistema de auto reemplazo con su propia área de destete, corrales, jaulas de adaptación y genética comercial. A) Se calcularon los **DNP promedio por hembra** a partir de la sumatoria de todos los DNP causados por el intervalo destete cubrición y todas las pérdidas reproductivas cómo: repetición de celo, abortos, hembras detectadas vacías, muerte de hembras gestantes, descarte de hembras gestantes, muerte de hembras vacías, descarte de hembras vacías y hembras paradas. Una vez obtenido esta sumatoria de DNP de todas las hembras que participaron en el periodo analizado, se procedió a dividir esa cantidad entre el número de partos realizados dentro del mismo periodo de tiempo. B) Posteriormente se asignó un **valor económico al DNP por hembra** con la siguiente fórmula: (Lechones vivos por Hembra por Año (29 promedio de la granja) / 1 año (365.25)) X el valor de venta del lechón al destete (\$816.00) = \$64.79 MXN que es el costo de 1 DNP por hembra. C) Adicionalmente se evaluaron los datos productivos de la granja al cierre del año 2023, dando esto como resultado un valor de 19.66 como media de DNP por hembra, con este valor se estimó la cantidad de **Lechones Destetados por Hembra por Año (DHA)** utilizando la siguiente fórmula: DHA = Partos por Hembra por Año (PHA) X la Media de Lechones Destetados por hembra. D) Para obtener los **Partos por Hembra por Año (PHA)** = 1 año (365.25) / [Días de Gestación + Periodo de Lactancia + Media DNP por hembra]. E) Posteriormente se realizó un

comparativo del valor económico a partir de la siguiente fórmula: [(Media DNP actual - Media DNP objetivo de la granja) X Costo de 1 DNP] X # de hembras en producción de la granja = valor económico adicional generado por reducir 1 DNP por hembra al año (\$ MXN).

Resultados y Discusión.

En el siguiente cuadro, con 10 y 20 DNP, se muestra cómo se obtuvo la gráfica 1; se detalló que 1 DNP equivale a \$64.79 MXN/ hembra y que la granja en estudio es de 1600 hembras.

DNP	x	\$ 1 DNP	=	\$ DNP	x	Hembras	=	\$ DNP/ hembras
10	x	\$64.79	=	\$648	x	1,600	=	\$1,036,640
20	x	\$64.79	=	\$1,296	x	1,600	=	\$2,073,280

En la gráfica 1, se observa la correlación entre diferentes DNP y su impacto económico anual en 1600 hembras. Esto implica que a mayor número de DNP mayor costo de producción y viceversa.

Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de Koketsu, 2005 quien reportó que la disminución de los DNP está directamente relacionada con las granjas clasificadas como de alto rendimiento, ya que estas granjas son las que presentan mayor número de Destetados Promedio por Hembra por Año.

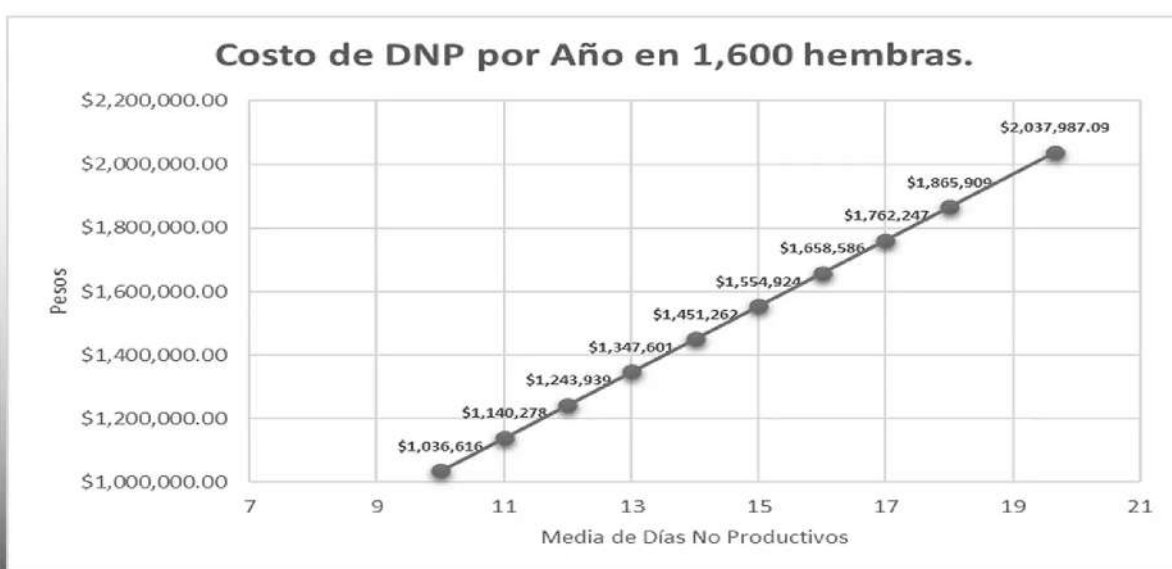


Gráfico 1 Comparativo anual de DNP cuando el costo de 1 DNP es de \$64.79 con 1,600 hembras.

Es importante recordar que la fórmula que se propone en este trabajo es moldeable, es decir que uno puede asignarle distintos valores a la fórmula, ya que los valores que se requieren son los siguientes:

- Lechones Nacidos Vivos por hembra por año.
- Precio de venta de lechón. (este puede ser modificado según la edad y peso de venta de los lechones).
- Número de hembras productivas.
- Promedio de días no productivos por hembra por ciclo.
- Número de Partos Realizados en el periodo.

*Es de suma importancia tener en cuenta que para obtener un resultado confiable debemos de tomar en cuenta el factor tiempo, ya que esta fórmula en este caso particular presentado se tomó 1 año completo como referencia. Sin embargo, esta puede adaptarse para analizar un periodo de tiempo más corto como lo podrían ser 6 meses, 1 mes, una banda o incluso semanalmente.

Una vez obtenidos los datos necesarios debemos proceder de la siguiente manera:

1. Definir el periodo de tiempo que queremos analizar.
2. Obtener el **número de partos** que ocurrieron en ese periodo de tiempo.
3. Realizar la **sumatoria de todos los días no productivos** generados por las hembras que participaron en el mismo periodo de tiempo.
4. Dividir la sumatoria de días no productivos entre el número de partos del periodo. Esto nos dará el **promedio de días no productivos por hembra por ciclo**.
5. Obtener el promedio de vivos por hembra por año y dividirlo entre 365 días del año, lo cual nos dará un valor representativo del número de **lechones vivos por hembra producidos al día**.
6. Multiplicar los lechones vivos por hembra al día por el precio definido de venta de un lechón. Esto nos dará el **valor económico de un solo día no productivo por hembra**.
7. **Multiplicar el valor de un día no productivo por hembra por el número de hembras productivas de la granja**. Esto resulta en el valor financiero que representa en nuestra granja el que todas las hembras tengan un solo día no productivo.
8. Multiplicar el último valor por el promedio de días no productivos por hembra por ciclo. Finalmente esto nos dará el **total de dinero que el productor dejó de generar durante el periodo de tiempo elegido**.

Con esos datos y siguiendo esta metodología podemos replicar el ejercicio a nuestra granja con sus condiciones particulares para dar un valor financiero a los días no productivos.

Conclusión.

Siguiendo la metodología propuesta, es de gran utilidad calcular los DNP promedio por hembra y también calcular el costo de 1 DNP, pues a su vez, esto permitirá calcular el costo de diferentes escenarios de pérdida-mejora económica según el número promedio de DNP y, según el número de hembras de cada granja. Por lo

tanto, el reducir los DNP ayuda a mejorar el ingreso anualizado de las empresas porcinas.

Sabemos que la porcicultura se enfrenta a muchos desafíos; precios de mercado inestables, falta de mano de obra, estatus sanitario, etcétera... dicho esto hoy más que nunca las granjas que sobreviven a estos retos son aquellas que se mantienen rentables. De ahí la suma importancia de que realicemos un monitoreo de cómo gestionamos los días no productivos en nuestras granjas para mejorar el rendimiento y la productividad.

Referencias.

¹Koketsu, Y. (2005). Journal of animal science, 83(6), 1406-1412.

Empleo de nanopartículas de oro funcionalizadas con extractos acuosos de *Capsicum annuum* L. como antioxidante en la conservación de semen de cerdo a temperaturas de 17°C

Resumen

La inseminación artificial (IA) es crucial en la industria porcina para satisfacer la demanda de proteína animal, pero la contaminación bacteriana durante la recogida de semen de verraco es un desafío común. Los diluyentes comerciales contienen antibióticos para combatir bacterias como *E. coli* y *S. aureus*, asegurando la calidad del semen y la eficacia de la IA. Sin embargo, el uso excesivo de antibióticos ha causado resistencia bacteriana, reduciendo su efectividad y planteando un desafío para la industria. Las nanopartículas de oro (AuNPs) han emergido como alternativas prometedoras debido a sus propiedades antimicrobianas, siendo inferiores a 100 nanómetros y con una gran superficie. Se empleó la síntesis verde utilizando extractos de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.), conocidos por sus propiedades antioxidantes para sintetizar las AuNPs. Se evaluó el impacto de las AuNPs en la motilidad total (MT), progresiva (PR) y vitalidad espermática en semen diluido de verraco conservado a 17°C. Se desarrolló un diseño de medidas repetidas con tres cerdos cruza York/Landrace x Pietrain, tres concentraciones de AuNPs, AgNPs y extracto de chile Yahualica: 1.0 µL (T1), 1.25 µL (T2), 1.50 µL (T3), y controles de diluyentes BTS y BTSS, durante seis semanas, analizados con PERMANOVA al 95% de confianza. Las AuNPs mantuvieron una MT del 70% con PR de 40% y vitalidad de 80% a las 72 horas ($P < 0.05$), mientras que el extracto de chile Yahualica mantuvo una MT del 80% con PR de 40% pero vitalidad de 60% a las 72 horas. Estos hallazgos sugieren que la incorporación de AuNPs en muestras de semen de cerdo conservado a 17°C ofrece una alternativa efectiva al uso de antibióticos.

1. Introducción

En la última década, la producción de carne de cerdo ha crecido para satisfacer la alta demanda global de proteínas asequibles. La inseminación artificial (IA) ha incrementado la eficiencia y rentabilidad en la cría de cerdos. Sin embargo, la IA enfrenta problemas como la presencia de sustancias oxidantes en el semen y la contaminación bacteriana, lo que afecta la viabilidad del semen.

El uso de diluyentes ayuda a mantener el semen viable, y se están explorando alternativas naturales a base de extractos de plantas para mejorar la conservación y la motilidad espermática. No obstante, la adición de antibióticos a los diluyentes ha generado bacterias resistentes, lo que ha llevado a investigar métodos alternativos, como el uso de nanopartículas metálicas con actividad antibacteriana.

En esta investigación, se propuso la síntesis de nanopartículas de oro funcionalizadas con extractos de chile Yahualica *Capsicum annuum* L. para conservar muestras de semen fresco a 17°C, aprovechando sus

propiedades antimicrobianas.

2. Materiales y métodos

2.2 Obtención de extractos naturales

El chile Yahualica (*Capsicum Annuum L.*) se adquirió de forma comercial; este fue macerado 10 días en una solución hidroalcohólica en proporción 7:3. El extracto acuoso fue filtrado y colectado en un recipiente de vidrio estéril, y almacenado en refrigeración a 4°C. Se determinó su potencial antioxidante mediante técnicas para la detección de grupos fenólicos.

2.3 Síntesis de nanopartículas de oro (AuNPs)

El método para la biosíntesis de las AuNPs se realizó preparando una solución de 3 mM de ácido tetracloroaurico (HAuCl_4) en 10 mL de agua bidestilada, agregando 400 μL del extracto de *Capsicum annuum L.* previamente obtenido, hasta que la mezcla adquirió una coloración purpurea.

La manera de determinar la presencia de nanopartículas en la solución coloidal de oro fue por medio de estudios de espectroscopia ultravioleta visible, y para la determinación de tamaño y forma de las partículas, se utilizó microscopía electrónica de transmisión, y dispersión dinámica de luz.

2.4 Análisis de viabilidad seminal

2.4.1SQS (Semen Quality System):

Equipo portátil para analizar la viabilidad del semen de verracos, diferenciando células vivas y muertas mediante tinción fluorescente y una cámara CMOS de alta resolución. Emite informes con cálculos de dosis.

2.4.2 CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis):

Herramienta para evaluar la calidad espermática en reproducción animal, eliminando el sesgo de la microscopía convencional. Utiliza una cámara de alta resolución y genera informes sobre movilidad, morfología, concentración y viabilidad espermática.

2.5 Pruebas antimicrobianas para AuNPs

Se analizó la actividad antimicrobiana que presentan las AuNPs por medio de difusión en pozos, Ensayo de microdilución en pozos para la evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (MIC) con rezasurina Ensayo para obtener Concentración Mínima Bactericida (MBC).

2.6 Diseño experimental

Para los parámetros de motilidad total (MT) y motilidad progresiva (PR), se desarrolló un diseño de medidas repetidas en función del tiempo con tres cerdos cruza York/Landrace x Pietrain, tres concentraciones de AuNPs, y extracto de chile Yahualica: 1.0 μL (T1), 1.25 μL (T2), and 1.50 μL (T3), y dos controles, diluyentes comerciales BTS y BTS sin antibiótico (BTSS), durante seis semanas. Todos los análisis estadísticos se realizarán al 95% de confianza ($\alpha = 0.05$), mediante el uso de R Studio 4.2.3 (R Core Team, 2023). Se hizo un análisis multivariado permutado de la varianza (PERMANOVA).

Para el caso de la vitalidad espermática, se desarrolló un diseño de similar al anterior a una sola concentración de AuNPs, y extracto de chile Yahualica: 1.50 μL (T), y dos controles, diluyentes comerciales BTS y BTS sin antibiótico (BTSS). Para ambos se incluyó análisis distancias Bray curtis y 10,000 permutaciones. Se analizaron los tratamientos, las horas y la interacción tratamientos*horas con respecto a motilidad para cada uno de los tratamientos con nanopartículas.

Finalmente, para evaluar la integridad acrosomal, se desarrolló un diseño de medidas repetidas en función del tiempo a una sola concentración de AuNPs, y extracto de chile Yahualica: 1.50 μL (T), con 2 controles, diluyentes comerciales BTS y BTS sin antibiótico (BTSS) a una sola semana. Se realizó una prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste. Se analizaron los tratamientos (Nanopartículas y controles) con respecto al porcentaje de daño acrosomal para cada una de los tratamientos

3. Resultados

3.1 Efecto de las AuNPs sobre la motilidad espermática

En la presente investigación se encontró que las AuNPs mantuvieron una MT hasta del 80% a las 48 horas y más del 70% a las 72 horas siendo ambas equiparables a los controles, con diferencias significativas para todas las horas.

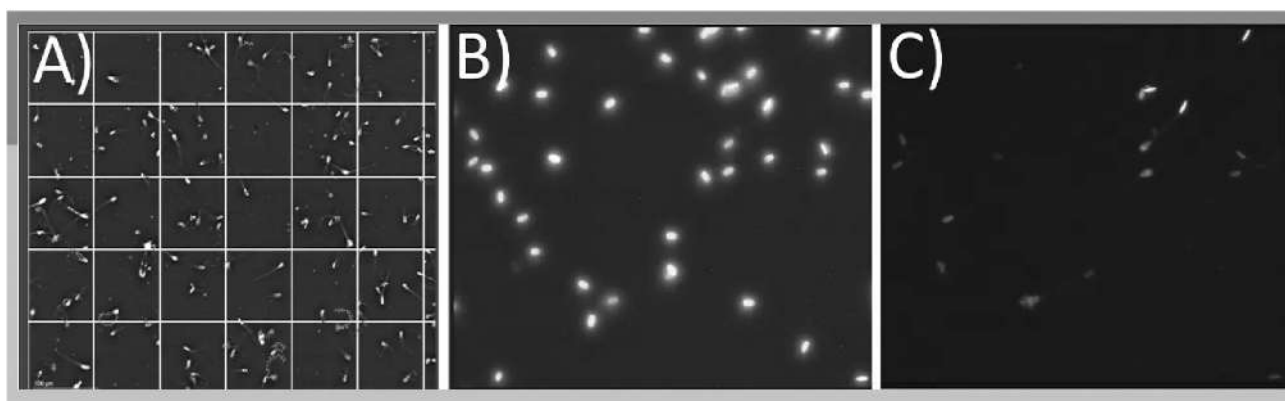


Figura 1 Campo de conteo espermático del equipo CASA para una muestra de semen diluido con AuNPs; distintos colores representan distintos tipos de motilidad. **A)** Rojo: rápida progresiva, Verde: media progresiva. Azul: no progresiva, Amarillo: inmóvil. **B)** Tinción de Hoechst con yoduro de propidio muestra espermatozoides vivos (azul) y muertos (rojo) **C)** tinción PNA muestra espermatozoides con acrosoma dañado en verde.

Por otro lado, el extracto de *Capsicum annuum* L. mantuvo una motilidad total hasta del 80% a las 48 y 72 horas superiores a los resultados de los grupos controles con diferencias significativas ($P < 0.05$) para todas las horas; sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los 3 tratamientos de *Capsicum annuum* L. aplicados a las muestras.

Tratamiento	Motilidad total registrada durante 4 tiempos (%)			
	0	24	48	72
BTS	92.68	87.65	80	72.43
BTSS	95.39	89.58	80.16	75.92
ORO T1	96.45	88.71	77.19	72.43
ORO T2	95.3	88.36	80	75.92
ORO T3	95.39	85.88	80.16	73.23
CHILE T1	94.488	89.84	83.06	81.38
CHILE2 T2	96.143	90.85	82.41	76.44
CHILE3 T3	94.984	89.38	82.12	79.66
Valor P	ORO 0.0001		CHILE 0.0001	

Cuadro 1 Estadísticos descriptivos de la motilidad total (MT) para el extracto de chile entre tratamientos durante cuatro periodos de tiempo (Horas) Abreviaturas: Tratamientos 1: 1,0 µL, 2: 1.25 µL, 3: 1.50 µL, Controles BTS, BTSS,

En el caso de la motilidad progresiva, para las AuNPs esta se mantuvo por arriba del 40% superior a los controles, y a las 72 horas esta se mantenía por arriba del 30% equiparable a los controles siendo estadísticamente significativo ($P < 0.05$) para todas las horas, pero no para los distintos tratamientos de AuNPs; mientras que el extracto de *Capsicum annum* L. mantuvo una progresiva de hasta 40% de las 48 a las 72 horas superiores a los resultados de los grupos controles con diferencias significativas ($P < 0.05$) para todas las horas; sin embargo, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los 3 tratamientos de *Capsicum annum* L. aplicados a las muestras.

Tratamiento	Motilidad total registrada durante 4 tiempos (%)			
	0	24	48	72
BTS	74.09	58.13	40.45	30.53
BTSS	80.86	61.35	40.97	48.15
ORO T1	82.75	58.99	42.25	33.19
ORO T2	82.39	59.71	42.41	37.72
ORO T3	78.88	56.61	42.7	34.11
CHILE T1	82.75	58.99	42.25	33.19
CHILE2 T2	82.39	59.71	42.41	37.72
CHILE3 T3	78.88	56.61	42.7	34.11
Valor P	ORO 0.0001		CHILE 0.0001	

Cuadro 2 Estadísticos descriptivos de la motilidad progresiva (PR) para el extracto de chile entre tratamientos durante cuatro periodos de tiempo (Horas) Abreviaturas: Tratamientos 1: 1,0 µL, 2: 1.25 µL, 3: 1.50 µL, Controles BTS, BTSS,

Los resultados del presente estudio demostraron que el extracto hidroalcohólico del *Capsicum annuum L.* mantuvo una vitalidad mayor al 80% a las 48 horas y más del 60% a las 72 horas, siendo ambas superiores a los controles con diferencias significativas ($P<0.05$) para todas las horas. En el caso de las AuNPs, estas mantuvieron una vitalidad del 80% durante las 48 y 72 horas con diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) entre ambos tratamientos, siendo las AuNPs superior a los controles.

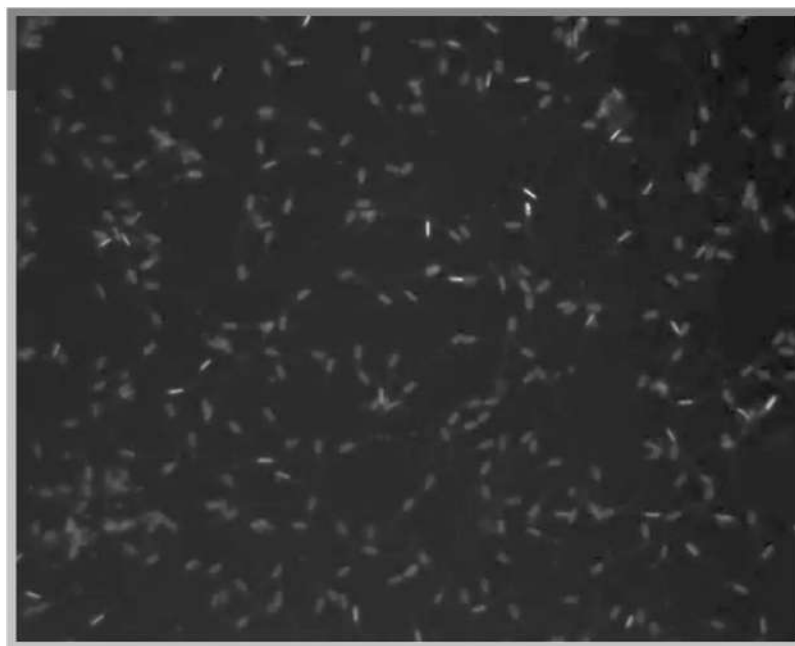


Figura 2 Campo de conteo espermático del equipo SGS para una muestra de semen diluido con AuNPs; espermatozoides vivos se encuentran teñidos en verde, espermatozoides muertos se encuentran teñidos en rojo.

Tratamiento	Motilidad total registrada durante 4 tiempos (%)			
	0	24	48	72
BTS	90.65	87.59	61.98	53.11
BTSS	94.7	82.907	70.29	54.87
ORO	94.39	82.49	86.033	73.81
CHILE	94.73	87.853	76.66	58.17
Valor P	1^{e-04}			

Cuadro 3 Estadísticos descriptivos de la motilidad progresiva (PR) para el extracto de chile entre tratamientos durante cuatro periodos de tiempo (Horas) Abreviaturas: Tratamientos 1: 1,0 μ L, 2: 1.25 μ L, 3: 1.50 μ L, Controles BTS, BTSS,

En el **Cuadro 4** se muestran los resultados del análisis de integridad acrosomal del espermatozoide en interacción con el extracto de *Capsicum annuum L.*, BTS y BTSS no se observaron diferencias ($P>0.05$) con relación a los acrosomas dañados. En adición, se puede comentar que el uso de AgNPs y AuNPs no mostro diferencias significativas en la integridad acrosomal del espermatozoide con respecto a los controles.

Conteos observados y esperados				
Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a chi-cuadrada
Au	14.4308	0.2	14.9142	0.01567
Ch	9.2127	0.2	14.9142	2.17962
BTS	14.8521	0.2	14.9142	0.00026
BTSS	24.0230	0.2	14.9142	5.56311

Prueba de chi-cuadrada			
N	GL	Chi-cuad.	Valor p
74.5711	4	8.30776	0.081

Cuadro 4 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste.

Para analizar la síntesis de las NPs, se observó el corrimiento de los picos de máxima absorbancia o el ancho de las curvas, ya que, cambios en estas están relacionados con la formación de agregados de partículas conforme transcurre el tiempo. El espectro de absorción se registró de 300 a 800 nm y la generación de picos característicos se observó a los 537 nm. Para corroborar el tamaño y morfología de dichas AuNPs biosintetizadas, se llevó a cabo el análisis mediante TEM. En la **Figura 3** se muestran las imágenes obtenidas mediante TEM. La barra de escala (50 y 200 nm) permitió determinar que, el tamaño de las partículas fue menor a los 100 nm.

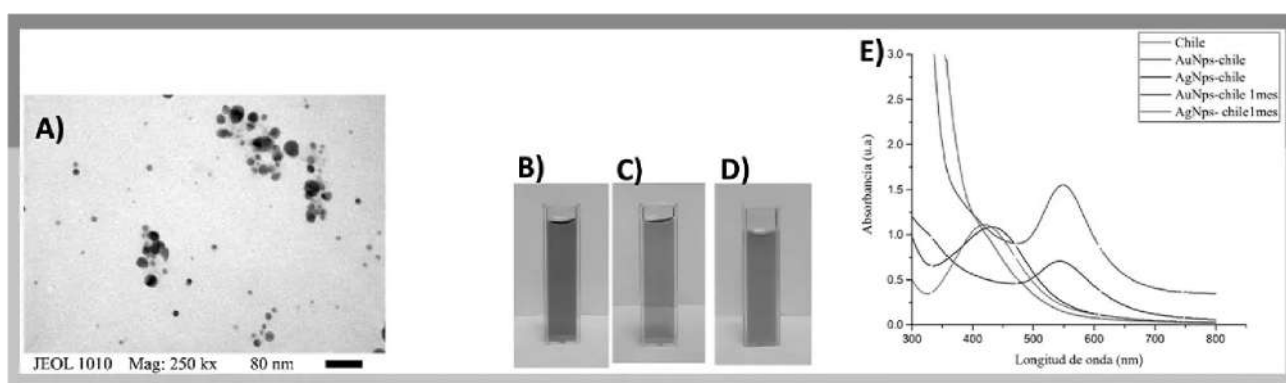


Figura 3 A) Imágenes de AuNPs obtenidas mediante TEM B) AuNPs reducidas con *Capsicum annuum* L. C) AgNPs reducidas con *Capsicum annuum* L. D) Extracto *Capsicum annuum* L. E) Espectros de absorbancia de AuNPs, AgNPs y *Capsicum annuum* L.

Existen estudios como el realizado por Lomelí *et al.*, (2022), dónde abordan la síntesis de NPs mediante extractos de las plantas del género *Capsicum* mediante el uso de radiación UV. En su estudio, estos autores demostraron que distintas partes de la planta de este género fueron capaces de reducir NPs de oro y plata con absorbancias de 552 nm y 430 nm respectivamente, manteniendo su estabilidad hasta por 60 días. Las diferencias encontradas entre estos valores son debido a que los compuestos bioactivos presentes en las plantas actúan como agentes reductores que ayudan en la reducción de iones metálicos

a nanopartículas metálicas con tamaños y formas diferentes (Ahmed *et al.*, 2016; Smitha, 2008).

3.4 Evaluación de actividad biológica de nanopartículas

Se realizó un estudio cualitativo para observar la actividad antibacteriana frente a un número específico de UFC / g con un tiempo definido por contacto cuando, las bacterias se encuentran en una fase de crecimiento activo. La inhibición de las AuNPs se llevó a cabo en cepas de importancia clínica de *E. coli* y *S. aureus* mediante el método de difusión en pozos. Las AuNPs mostraron halos de inhibición de 0.45 cm para *E. coli* y 0.56 cm para *S. aureus* lo cual coincide con lo reportado por Vanaraj *et al.*, 2017 y Boomi *et al.*, 2020. Posteriormente se analizó la dosis mínima inhibitoria (MIC) contra *E. coli*, mostrando actividad inhibidora microbiana en todas las repeticiones ensayadas. Sin embargo, no todas las concentraciones de las AuNPs mostraron la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano.

Finalmente, la dosis mínima bactericida (MIB) para las AuNPs fueron probadas a partir de la MIC utilizando una cepa de *E. coli*. Se analizaron a partir de la dosis mínima inhibitoria (MIC) hacia la izquierda (dónde la dosis de AuNPs es mayor). La inhibición de las AuNPs se llevó a cabo en una cepa de *E. coli* el método de extensión de placa con aza triangular. Las AuNPs mostraron actividad inhibidora microbiana contra *E. coli* a partir de la dosis de 1.18×10^{-3} mg/ mL de la solución de nanopartículas de oro en contrastase con estudios en los que particularmente la biosíntesis de AuNPs funcionalizadas con extractos de tallos y hojas de plantas del genero *Capsicum* (Lomelí *et al.*, 2022), donde las AuNPs contra cepas de *E. Coli* y *S. aureus* no presentaron inhibición bacteriana independientemente de las cepas ensayadas

3.5 Compuestos antioxidantes del chile Yahualica (*Capsicum annum* L.)

Los resultados de las pruebas cualitativas del extracto de chile Yahualica confirmaron la presencia de diferentes metabolitos secundarios. Estas sustancias contenían fenoles, taninos, flavonoides (**Cuadro 5**). Los fenoles, taninos, carbohidratos y glucósidos fueron dominantes en el extracto de chile Yahualica. En cambio, el extracto no incluía metabolitos como proantocianidinas.

Extracto de chile Yahualica	Metabolito
(++)	Fenoles totales
(+)	Flavonas y flavonoles
(++)	Ácidos fenólicos
(++)	Taninos
(-)	Proantocianidinas

Cuadro 5 Análisis fitoquímico del extracto de chile Yahualica (*Capsicum annum* L.). (+): presencia; (++): más presencia; (-): ausencia del metabolito analizado.

Este contiene cantidades considerables de compuestos fenólicos cuyo potencial antioxidante ya han sido reportados por otros autores como Denev *et al.*, (2019), con contenidos desde 42 mg/100 g de materia seca, en tanto que en el presente estudio tiene hasta 9 mg/10 g de materia seca, variando esto debido a los métodos de extracción utilizados.

4. Conclusiones

El extracto acuoso de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.) contiene compuestos fenólicos y flavonoides que le confiere un gran potencial antioxidante.

El potencial antioxidante del extracto acuoso de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.) reduce iones de oro a nanopartículas con diámetros menores que 100 nm, y mantiene la estabilidad de dichas nanopartículas hasta por 1 mes.

Las AuNPs funcionalizadas con extractos de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.) tienen actividad antimicrobiana contra cepas de *E. coli* y *S. aureus*, además de un potencial bactericida contra *E. coli* a dosis de 1.18×10^{-3} mg/ mL de la solución de nanopartículas de oro.

El uso de AuNPs funcionalizadas con extractos de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.) mantiene la motilidad espermática mayor a 80% durante 48 horas, en 70% a las 72 horas, y hasta con 40% de motilidad progresiva en dosis de semen conservado a temperaturas de 17°C el semen de cerdo con concentraciones de hasta 1.25 µl/ mL de solución de AuNPs.

La vitalidad de las dosis de semen de cerdo diluido conservado a 17° C se mantiene en un 80% hasta las 72 horas post tratamiento con dosis a una concentración 1.25 µl/ mL de solución de AuNPs, sin daño significativo a nivel acrosomal.

El uso de extractos de chile Yahualica (*Capsicum annuum* L.) puede mantener la vitalidad de dosis de semen conservado a temperaturas de 17°C de cerdo en 80% durante 48 horas y hasta 60% a las 72 horas con una concentración 1.25 µl/ mL de solución de AuNPs, sin daño significativo a nivel acrosomal con dosis con una concentración 1.25 µl/ mL de extracto hidroalcohólico.

Cabe mencionar que el uso de la nanotecnología en las ciencias veterinarias es un campo en creciente interés, en la actualidad no existen muchos estudios del uso de nanopartículas en el área de reproducción animal lo que lo convierte en un campo sumamente explotable, además es importante resaltar que los extractos de plantas representan una buena alternativa a los antioxidantes más comunes utilizados convencionalmente para la conservación del semen ya que su inclusión en los diluyente de semen lo hace rentable debido a su bajo precio y en el particular del chile Yahualica, tiene incluso un impacto sumamente positivo a nivel cultural, social y económico para los agricultores y productores de dicha región

5. Literatura citada

Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. *Journal of advanced research*, 7(1), 17-28.

Basioura, A., Michos, I., Ntemka, A., Karagiannis, I., & Boscós, C. (2020). Effect of iron oxide and silver nanoparticles on boar semen CASA motility and kinetics.

Boomi, Pandi, et al. "Green biosynthesis of gold nanoparticles using *Croton sparsiflorus* leaves extract and evaluation of UV protection, antibacterial and anticancer applications." *Applied Organometallic Chemistry* 34.5 (2020): e5574.

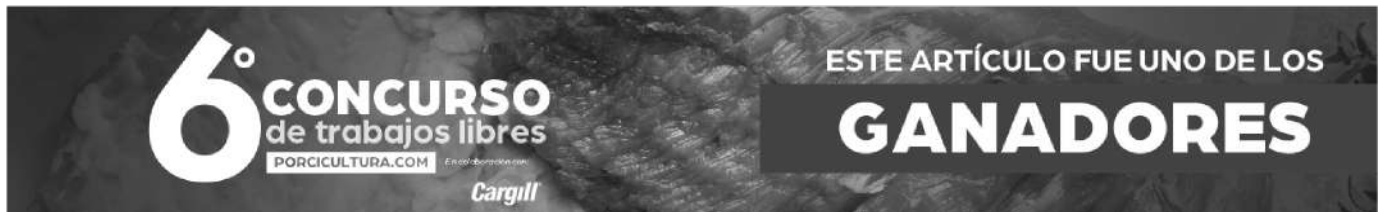
Denev, P., Todorova, V., Ognyanov, M., Georgiev, Y., Yanakieva, I., Tringovska, I., ... & Kostova, D. (2019). Phytochemical composition and antioxidant activity of 63 Balkan pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 2510-2520.

Lomelí-Rosales, D. A., Zamudio-Ojeda, A., Reyes-Maldonado, O. K., López-Reyes, M. E., Basulto-Padilla, G. C., Lopez-Naranjo, E. J., ... & Velázquez-Juárez, G. (2022). Green synthesis of gold and silver nanoparticles using leaf extract of *Capsicum chinense* plant. *Molecules*, 27(5), 1692.

Smitha, S. L., Nissamudeen, K. M., Philip, D., & Gopchandran, K. G. (2008). Studies on surface plasmon resonance and photoluminescence of silver nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 71(1), 186-190.

Vanaraj, S., Keerthana, B. B., & Preethi, K. (2017). Biosynthesis, characterization of silver nanoparticles using quercetin from *Clitoria ternatea* L to enhance toxicity against bacterial biofilm. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 27, 1412-1422.

Impacto económico por el castigo del precio de venta de cerdos retrasados



PRÓLOGO.

Los porcicultores y el personal de granja involucrado en la venta de cerdos a sacrificio, en forma práctica saben que los cerdos de bajo peso (“retrasados”) solamente son aceptados por los compradores si se negocia un precio por kg de peso corporal inferior a los cerdos de primera (el comprador argumenta razones de bajo rendimiento de la canal magra de dichos cerdos, es decir, mayor proporción de vísceras, cabeza y piel, que músculo).

Durante el crecimiento del cerdo, se pueden presentar **enfermedades graves** (crónicas o agudas), que a simple vista y/ o con datos de producción revelan las siguientes ineficiencias productivas:

1. **Retraso en el crecimiento** de todo el lote de cerdos, es decir, menor peso promedio a mercado a la edad habitual de venta de los cerdos (en México entre 20 a 26 semanas).
2. **Aumento en gran medida del porcentaje de cerdos de bajo peso** (cuyo precio de venta es castigado), este último también contribuye a la merma económica y está muy ligado con el retraso en el crecimiento de todo el lote de cerdos.
3. **Aumento del porcentaje de mortalidad.**
4. **Deterioro de la Conversión Alimenticia (C.A.)**, ya sea, a) Por consecuencia de los tres anteriores, y/ o, b) Por ineficiencia en la conversión de kg de alimento a kg de peso del cerdo.

En cuanto al **aumento del porcentaje de cerdos de bajo peso, se acepta por el gremio que pocas veces se calcula su impacto económico real y tampoco se hacen predicciones o presupuestos.**

JUSTIFICACIÓN.

El presente artículo presenta:

1. Una **metodología** de cálculo del impacto económico ya referido, al mismo tiempo que plantea...
2. Una **investigación** mediante escenarios de producción cuyo objetivo es mostrar y **alertar** objetivamente **al propietario** y personal de granja de este factor que se suma a las pérdidas de los otros tres enlistados; y por tanto, **lo que puede perder y dejar de ganar por no controlar-prevenir este las causas del aumento de cerdos retrasados.**
3. La afectación del **precio ponderado** de venta/ kg de cerdo.

Cerdos de segunda.

La clasificación de cerdos para mercado distingue cerdos de primera y cerdos de segunda pero, tradicionalmente en cada granja se hace una subclasificación que intenta referir la causa del retraso. Los “cerdos de segunda” involucran los siguientes tipos:

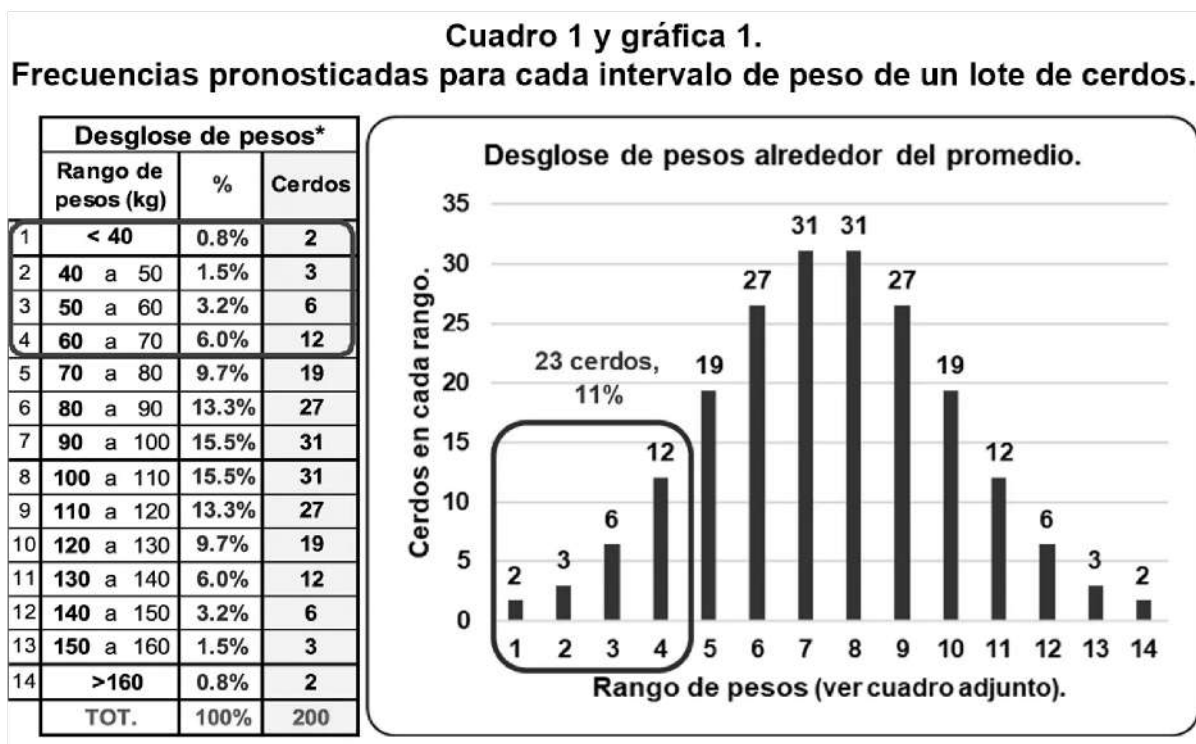
1. **Retrasados.** Cerdos cuyos contemporáneos ya se vendieron con el peso de mercado objetivo; ejemplo, si el peso promedio del lote es de 100 kg, los cerdos de bajo peso están en 70 kg o menos (destacan entre sus contemporáneos); tal vez son cerdos sanos o con enfermedad subclínica, pero su aspecto físico puede ser regular a bueno.

Un mayor porcentaje de cerdos de bajo peso es indicador de una mayor ineficiencia del crecimiento; y es que, a mayor proporción de cerdos retrasados: 1) Menos kg vendidos, 2) Menor precio de venta por kg de peso (castigo), esto es motivo de preocupación.

2. **Defectuosos o redrojos.** Además del retraso en el crecimiento pueden presentar anomalías evidentes: “herniados”, “chiclanes”, “flacos”, “enanos”, “caídos”, etc. Estos cerdos siempre se presentan en las granjas comerciales; afortunadamente su frecuencia relativa es muy baja, las causas son múltiples y prácticamente es imposible evitar su aparición (no son motivo de preocupación).

Nota: En esta clasificación no se deben incluir los “desechos” de pie de cría (hembras o verracos). Para evitar confusiones en los reportes de ventas y mortalidad, no se utilizará la palabra “desecho” en los cerdos de engorda.

En el **cuadro y gráfica 1, con 200 cerdos semanales** y a una misma edad promedio de mercado, se pronostican los diferentes porcentajes de cerdos en cada intervalo de peso.



Interpretación. Hay 23 cerdos de menos de 70 kg (11% de los cerdos del lote). En el recuadro rojo de la tabla y gráfica aparecen los cerdos de menos de 70 kg (suma de los cerdos en 4 intervalos de peso: 12 + 6 + 3 + 2

= 23 cerdos). También se presenta el resto de los cerdos en cada intervalo de peso (la suma es 200 cerdos por lote). La gráfica muestra la silueta de la campana de Gauss, en otras palabras, es la distribución ideal de los pesos alrededor del promedio, de acuerdo con su Desviación Estándar y las leyes de la Distribución Normal.

Conceptos de cerdos retrasados que vale la pena tener siempre en mente:

1. El número y porcentaje de cerdos retrasados es un indicador útil de la eficiencia del crecimiento.
2. Siempre habrá un porcentaje de cerdos retrasados considerado como normal; por ejemplo, cuando el peso promedio de venta del lote es de 100 kg, y el coeficiente de variación es del 25% (Desviación Estándar de +/- 25 kg); idealmente no debería sobrepasarse un 12% de cerdos de menos de 70 kg.
3. Los cerdos retrasados a la venta, digamos menos de 70 kg, pueden ser castigados en su precio de venta, pero el verdadero problema es cuando aumenta el porcentaje esperado de cerdos retrasados. Por ejemplo, los cerdos de más de 70 kg se pagan a \$40.00/ kg, pero los de menos de 70 kg se pagan a \$32.00/ kg (un factor del 80%), desde luego esto varía para cada zona y época del año, pero el precio de castigo es con referencia al precio del cerdo de primera; sin embargo, si el porcentaje de cerdos de menos de 70 kg pasa de 12 a 30%, entonces sí hay un problema económico para la granja.
4. Un **mayor peso promedio de venta del lote semanal reduce el número de cerdos de menos de 70 kg** (menos cerdos susceptibles de ser castigados en su precio de venta). Actualmente hay una marcada tendencia a vender los cerdos con un peso promedio de 120 kg o más (ya no de 100 kg); entonces, esta práctica por sí misma, reduce la frecuencia de cerdos de menos de 70 kg. susceptibles de ser castigados.
5. La práctica de décadas de seleccionar cerdos de lotes de tres edades, para conformar la venta de cada semana es muy útil pues: 1) Reduce la variación del peso promedio de cerdos vendidos en la semana, 2) Disminuye el número de cerdos de bajo peso. En otras palabras, la venta semanal de cerdos implica que un lote semanal de cerdos tardará en venderse 3 semanas porque: en su primera semana de venta se venderán los cerdos punteros (un 20% de los cerdos del lote) que ya alcanzan el peso deseado, en su segunda semana se venderá el 80% del lote original que ya alcanzó el peso de venta una semana después de los punteros, y finalmente en su tercera semana de venta se venderán los cerdos retrasados (el 20% restante del lote original), el **cuadro 2** simplifica esta explicación. Desde luego esto varía siempre por múltiples factores como: variación de peso dentro del lote, demanda-oferta de cerdos por época del año, etcétera; pero, es una política de venta que funciona en la práctica.

Cuadro 2.

Composición semanal del lote de vendidos (teórico).					
Número de lote	Edad actual (sem.)	Clasificación	Peso prom. (kg)	Cerdos por grupo	% de cerdos
29	21	Punteros	100	100	20%
30	22	Medianos	100	300	60%
31	23	Retrasados	100	100	20%
Total semana				500	100%

Sin embargo, hay granjas que por falta de espacio en el área de engorda, se ven en la necesidad de enviar a rastro a todos los cerdos del lote en una misma semana, o sea, no hay selección de cerdos “punteros”, ni mucho menos se puede dejar más tiempo a los cerdos de bajo peso para que ganen unos kg más.

6. La disminución de un alto porcentaje de cerdos de bajo peso al rastro debe prevenirse desde la lactancia para lograr, tanto un mayor peso promedio de todo el lote al destete, como una menor proporción de lechones de bajo peso al destete (una meta alcanzable es disminuir los destetados de menos de 4.5 kg). Esto es de gran impacto.
7. Cuando los medicamentos, vacunas y manejos evitan que los cerdos enfermen y/ o recuperen el potencial de crecimiento, **se disminuye el porcentaje de cerdos de bajo peso**; esto contribuye a mejorar el retorno de lo que se invirtió precisamente en dichos rubros. Por tanto, en los cálculos del Retorno de la Inversión (ROI por sus siglas en inglés), se debe estimar este indicador que simplemente dice: por cada peso (\$MXN) invertido, cuántos pesos (\$MXN) se recuperan.

METODOLOGÍA.

Predicción del impacto económico de más o menos cerdos de bajo peso.

Consideraciones previas.

- Como cualquier método de cálculo de presupuestos zootécnicos de producción se trabaja con valores promedio y los resultados son aproximados; la “exactitud” es imposible de predecir y resulta inútil, pero se obtienen valiosas tendencias, con esto es más que suficiente.
- *Ceteris paribus* es una locución latina muy usada en economía que literalmente significa “*siendo el resto de las cosas iguales*”, es una aclaración muy pertinente cuando se trabaja con modelos de predicción y cálculos de escenarios. Lo que se aclara es que se analiza una variable permaneciendo otras iguales (aunque la realidad del crecimiento de los cerdos sea mucho más compleja en las variables y sus interacciones). Por ejemplo, en los escenarios que se plantean aquí del efecto de los cerdos retrasados no se incluye mortalidad de cerdos en engorda (aunque es frecuente que a menor peso de cerdos retrasados, mayor mortalidad); tampoco se incluyen diferentes pesos promedio de los cerdos retrasados (en el cuadro 3 se maneja el mismo peso para este rubro, 65 kg).

1. Cálculo de producción básica para los 2 escenarios.

Granja de 1,000 madres F1 que producen 500 cerdos vendidos por semana (a continuación la memoria de cálculo).

A. **Cerdos producidos por semana.** Muy buen número de cerdos vendidos por hembra parida = 10.0, con esto se logran 500 vendidos por semana:

Hembras		Semanas/ ciclo		Partos/ semana*		Vendidos/ parto		Vendidos/ semana
1,000	÷	20	=	50	x	10.0	=	500

2. Cálculo de escenarios de cerdos retrasados.

En el **cuadro 3** se plantea un **ejercicio con dos escenarios** de peso a mercado (“A” = **Óptimo** vs. “B” = **Caída**), ambos con la misma edad promedio de venta (22 semanas) y, con el mismo número de cerdos vendidos por semana (500).

Se aclara que los resultados de crecimiento de los cerdos se alcanzan con el mismo consumo de alimento en engorda, es decir, para los cálculos presentados no es necesario este dato (por simplificación de los cálculos, pero también puede suceder en la práctica).

Los cálculos de ventas semanales, tanto para “Cerdos de primera”, como para “Cerdos retrasados” se realizan en tres bloques del cuadro 3 y son: 1) Cantidad de cerdos, 2) Peso de Cerdos (kg), 3) Ingreso de la venta de cerdos (\$ MXN).

En el cuadro 3, el bloque de totales es el resultado de las operaciones aritméticas indicadas por las letras

que hacen referencia a los renglones de datos; por ejemplo, el renglón "i" es el resultado de multiplicar los datos de los renglones "b" x "c"; de hecho, el cuadro 3 es una hoja de cálculo de Excel®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Diferencial en ingresos por aumento de cerdos retrasados.

Cuadro 3.		ESCENARIOS			
		A (Óptimo)	B (Caída)		
DATOS	a	Edad promedio a venta (semanas).	22	22	
	b	Cerdos total/ semana.	500	500	
	c	% cerdos primera.	88%	70%	
	d	% Cerdos retrasados (< 70 kg) (1 - c)	12%	30%	
	e	Peso prom. cerdos primera (kg).	100	95	
	f	Peso prom. cerdos retrasados (kg) ¹ .	65	65	
	g	Precio venta/ kg cerdos de primera.	\$40.00	\$40.00	
	h	Precio venta/ kg cerdos retrasados.	\$32.00	\$32.00	
TOTALES	i	Total de cerdos de primera (b x c).	440	350	
	j	Total de cerdos retrasados (<70 kg) (b x d).	60	150	
	k	Total cerdos del lote (i + j).	500	500	
	l	kg venta cerdos de primera (e x i).	44,000	33,250	
	m	kg venta cerdos retrasados(f x j).	3,900	9,750	
	n	Total kg del lote (l + m).	47,900	43,000	Diferencial caída
	o	Ingreso (\$) por cerdos primera (g x l).	\$1,760,000	\$1,330,000	-\$430,000 -24%
	p	Ingreso por cerdos retrasados (h x m).	\$124,800	\$312,000	\$187,200 150%
	q	Ingreso por lote (Primera + Retrasados) (o + p).	\$1,884,800	\$1,642,000	-\$242,800 -13%
	r	Precio de venta ponderado (q ÷ n).	\$39.35	\$38.19	-\$1.16 -3.0%

¹ Aunque son los cerdos de menos de 70 kg, al promediar los diferentes pesos, el promedio es menor de 70 kg, en este ejempló se estimó en 65 kg.

En los dos escenarios del cuadro 3, la diferencia está en que, además de distinto peso promedio de venta de cerdos de primera (100 vs. 95 kg), lo cual es ya un problema, se tienen diferentes porcentajes de cerdos de menos de 70 kg (12% vs. 30%); de hecho, para ambos casos el peso promedio de los cerdos retrasados es de 65 kg.

Abajo se presenta el **cuadro 3bis** que es la parte final del cuadro 3, esto obedece a que se discuten abajo los resultados finales.

En este ejercicio, la combinación de la disminución de peso promedio de venta de cerdos de primera y, el aumento de la frecuencia de cerdos retrasados representa una **pérdida semanal de \$242,800.00 MNX** (renglón "q"), es **decir \$12.7 millones anuales**, en caso de que no se quiera invertir para corregir la caída de la eficiencia del crecimiento de los cerdos).

Efecto en el Precio ponderado de venta.

Cuadro 3 bis.

		ESCENARIOS			
		A (Óptimo)	B (Caída)		
n	Total kg del lote ($l + m$).	47,900	43,000	Diferencial caída	
o	Ingreso (\$) por cerdos primera ($g \times l$).	\$1,760,000	\$1,330,000	-\$430,000	-24%
p	Ingreso por cerdos retrasados ($h + m$).	\$124,800	\$312,000	\$187,200	150%
q	Ingreso por lote (Primera + Retrasados) ($o + p$).	\$1,884,800	\$1,642,000	-\$242,800	-13%
r	Precio de venta ponderado ($q \div n$).	\$39.35	\$38.19	-\$1.16	-3.0%

En el **cuadro 3bis**, renglón “r”, también se muestra el precio ponderado de venta/ kg de cerdo, este también es un buen indicador de la eficiencia. Se obtiene dividiendo el ingreso total (Cerdos de primera + Cerdos retrasados; renglón “q”), entre los kg totales vendidos (Cerdos de primera + Cerdos retrasados; renglón “n”).

Cabe destacar que para el escenario “A” (óptimo) el precio ponderado de venta/ kg de cerdo es **\$39.35/ kg** y, para el escenario “B” (caída) es de **\$38.19**, una **diferencia desfavorable de -\$1.16/ kg** de cerdo (un **-3%**); pues bien, esto también explica la pérdida anual de 12.7 millones de pesos debida a la caída de la eficiencia en la granja de 1,000 vientres. Esta cantidad, con potencial de ser recuperada, debe alcanzar para aplicar medidas eficaces que reduzcan significativamente el retraso de los cerdos del escenario “A” (antibióticos, vacunas, instalaciones, manejo, etc.). Como se dice coloquialmente “hay mucho techo para mejorar” y así: evitar el castigo en el precio de los cerdos de bajo peso, y recuperar el peso de los cerdos de primera (95 vs.100 kg).

Comentarios complementarios.

- Afortunadamente, con el aumento del peso promedio a rastro que se ha venido generalizando en la última década (de 100 kg antes, a 120 - 130 kg actualmente), disminuye en automático la cantidad de cerdos de bajo peso castigados en el precio (menos de 70 kg), esto se llama en estadística “correr la Campana de Gauss a la derecha”.
- Para conveniencia de un buen número de porcicultores con nicho de mercado local, los cerdos de bajo peso se pueden comercializar sin que sea un gran problema, incluso, tal vez no se castigue mucho el precio de los retrasados porque hay demanda permanente de este tipo de cerdos, el problema surge cuando se generan demasiados cerdos retrasados.
- Un aumento considerable en el número de cerdos retrasados seguramente es resultado de una enfermedad infectocontagiosa severa, simple o complicada como: Neumonía Enzoótica, Enfermedad Respiratoria Porcina (ERP) o bien, Ileitis, Salmonelosis, enfermedades virales sistémicas (PRRS, Circovirus, etcétera), pero también por fallas en el manejo, sobre todo en el área de maternidad y área de destete o crianza, en estas etapas tempranas del cerdo en crecimiento, una disminución de unos cuantos gramos en la Ganancia Diaria de Peso se convierte en días o semanas de retraso para alcanzar el peso habitual a la misma edad de sacrificio.

EPÍLOGO.

Con base en lo expuesto, se recomienda considerar lo siguiente:

1. **Los cerdos de segunda** involucran a: 1) Cerdos defectuosos (poca frecuencia) y 2) Cerdos retrasados (preocupante porque su frecuencia podría incrementarse e impactar en la rentabilidad de la engorda).
2. Siempre habrá un porcentaje de cerdos retrasados considerado como normal; por ejemplo, cuando el peso promedio de venta del lote es de 100 kg, y el coeficiente de variación es del 25% (Desviación Estándar de +/- 25 kg); **idealmente no debe sobrepasarse un 12% de cerdos de menos de 70 kg** (difícil de

conseguir en la mayoría de las granjas en México).

3. El número y **porcentaje de cerdos retrasados por lote** es un **indicador útil** de la eficiencia del crecimiento.
4. Sí los cerdos retrasados son castigados en su precio por kg en pie, el impacto económico se potencia con una mayor cantidad de cerdos de bajo peso.

IMPLICACIONES.

1. Es recomendable **hacer predicciones económicas basadas en escenarios del porcentaje de cerdos de bajo peso**, con y sin castigo en el precio de venta (como se hizo en este artículo), el análisis de los resultados ayudará a mostrar la rentabilidad potencial de productos como antibióticos, vacunas, manejos, etcétera. El propietario y gerente de la granja deberán tomar conciencia de que al año, hay mucho dinero por recuperar, y si se quiere mejorar la rentabilidad de la granja, deberán buscar eficacia-rentabilidad, no lo "barato".
2. También es importante calcular el **precio ponderado de venta de todos los cerdos** (suma de cerdos de primera y cerdos retrasados), es sencillo y, se verá que los cerdos retrasados, con precio castigado, bajan considerablemente el precio de venta ponderado.
3. Con el mismo consumo de alimento, la Conversión Alimenticia se verá deteriorada en forma importante con la producción de menos kilogramos de cerdo, tanto de cerdos de primera, como por el aumento de cerdos retrasados. En este artículo no se hicieron cálculos de C.A. para los escenarios presentados, pero es viable hacerlos.
4. En una hoja de cálculo electrónica, todo lector interesado puede copiar el cuadro 3 para que quede como plantilla de cálculo, pues la aritmética de las fórmulas está señalada en dicho cuadro; la ventaja es que, cambiando los datos, rápidamente se pueden hacer diferentes escenarios para ser presentados a los porcicultores, asesores, gerentes; este objetivo es pertinente, relevante y viable para que el zootecnista especialista en producción porcina justifique sus recomendaciones técnicas profesionales para recuperar la eficiencia productiva de los cerdos cuando se afecta su velocidad de crecimiento.

PALABRAS CLAVE.

Cerdos de segunda, cerdos retrasados, cerdos de bajo peso, precio de venta castigado, impacto económico.

Manejo primordial y atención del lechón recién nacido, antes, durante y después del parto

Dentro de la producción porcina la fase donde mas atención y cuidado se debería tener es en el área de maternidad, dada la vulnerabilidad del lechón nacido, las implicaciones del parto, la madre, la raza y las condiciones ambientales, siendo un acumulo de factores que engloban buenas prácticas para una buena producción de lechones.

La bibliografía más reciente nos indica una mejora en el promedio de lechones por camada vivos al nacimiento, pasando de menos de 12 a 15 lechones (Bd, Porc 2018) sin embargo existe también un mayor porcentaje de animales con bajo peso al nacimiento, del 10% al 15% que presentan menos de un kilo, y una elevada mortalidad que está por arriba del 50% (Vande, 2020). De los factores más importantes a considerar es la depleción rápida de las reservas de glucógeno incrementando el riesgo de muerte ya que son muy vulnerables en términos de termorregulación, la bioseguridad también juega un papel fundamental para el control de patógenos, que causan pérdidas de ganancia de peso, y mortalidad en camadas recién nacidas y lactantes. Por ello es necesario garantizar toda la atención para ofrecer un ambiente adecuado, asistencia del parto y recepción de los lechones, ingesta de calostro y leche, y alimentación adecuada a la madre.

Para poder afrontar y cumplir con éxito los puntos específicos dentro del manejo adecuado de lechones recién nacidos, podemos dividirlos en tres etapas, antes del nacimiento, recibimiento de los lechones y primer manejo básico de los lechones recién nacidos.

1-. Antes del nacimiento.

Se debe contar con una zona adecuada para la cerda, con adecuada limpieza y desinfección, siguiendo un protocolo adecuado de vacío sanitario buscando así, evitar la presencia de cualquier patógeno que pueda afectar a la cerda y a su camada. Las hembras destinadas a esta zona deberán ser ingresadas de 7 a 10 días antes de la fecha de parto para una mayor adaptabilidad al medio, evitando estrés y mejorando condiciones fisiológicas durante el parto (Sutherland, 2015).

Se debe crear un ambiente óptimo para las cerdas y sus camadas, priorizando la comodidad térmica, lo que favorece un buen desarrollo del parto, dicha temperatura ambiental deberá estar dentro de los 18° a 22° C y para la camada al momento del parto, tendrá que estar entre 34° y 37° C. Reduciendo los factores estresantes favorece la secreción de oxitocina en la hembra, evitando partos largos o distócicos y reduciendo el intervalo entre nacimientos, lo que también disminuye la hipoxia en los lechones (Chapinal et al., 2006; Herpin et al., 2001).

Contar con insumos y herramientas necesarias para una adecuada atención de los lechones. Material de curación, material de desinfección (Yodo al 10%, Azul de metileno al 10 %, Antibenzil etc.), desecante, sutura o hilo adecuado para anudar cordones umbilicales.

2-. Recibimiento de lechones.

Durante el parto, es crucial el monitoreo de constantes fisiológicas de la cerda, y la atención para minimizar los lechones hipóxicos y nacidos muertos, además de apoyar la vitalidad de los recién nacidos reduciendo factores que predispongan partos largos o distócicos.

Se recibirá a cada lechón, se secará con un material desecante así evitamos una hipotermia en el animal, y se desobstruirán las vías aéreas, evaluando así su vitalidad de este, su anatomía y su condición. De la misma manera llevar un registro de peso, horario e intervalos entre cada lechón nacido, ya sea vivo o muerto.

Se anudará el cordón umbilical a una distancia de 2 a 3 cm aproximadamente, de la base del ombligo, con sutura o material adecuado, realizando un nudo de cirujano, para posteriormente cortar el excedente. Posteriormente se desinfectará con solución (Yodo al 10%, Azul de metileno al 10 %, Antibenzil etc.).

La ingesta de calostro es fundamental para la supervivencia de los lechones, ya que proporciona el 75% de la energía necesaria en las primeras 24 horas de vida, el aporte de energía que necesitan para su supervivencia durante la lactancia, así como una alta concentración de IgG, la cual es esencial para la inmunidad pasiva de los lechones y su supervivencia a largo plazo. Esta concentración de IgG disminuye con las horas, llegando hasta un 50% menos a las 6h del nacimiento de los lechones, por lo que se hace importante que reciban el calostro rápidamente al nacer (Farmer y Edwards, 2020), además de ser crucial para el crecimiento y maduración intestinal (Pluske, 2016). Por ello, se debe garantizar un consumo de 250 a 300 ml de calostro por lechón en las primeras 24 horas, siendo de mejor calidad durante las primeras 12 a 15 horas tras el parto (Tenbergen y Metzenger, 2018).

3-. Primer manejo básico de los recién nacidos.

Es necesario suplementar hierro, para prevenir la anemia ferropénica, ya que sus reservas son mínimas y el aporte a través de la leche es insuficiente (Rincker, 2004). Los niveles de hierro disminuyen rápidamente en la primera semana, por lo que se recomienda la suplementación intramuscular u oral (Sutherland, 2014). La inyección intramuscular, la más práctica y efectiva, debe administrarse con una aguja de calibre 20G por ½" detrás de la oreja, en el músculo del cuello, y a una dosificación precisa.

En machos se manejará una castración, a los 14 días de nacidos aproximadamente, evitando así el aroma de hormonas reproductivas en la carne de machos en pubertad, de igual manera previene la reproducción no deseada en sistemas extensivos, reduciendo los comportamientos agresivos y mejora la calidad de la canal al finalizar su ciclo productivo. Este procedimiento implica hacer incisiones en el escroto y aplicar un antiséptico al finalizar. Sin embargo, diversos estudios indican que realizar la cirugía sin analgésicos o anestésicos puede tener repercusiones fisiológicas y conductuales que evidencian dolor, lo que ha llevado a investigar métodos prácticos para mitigar este efecto (Sutherland, 2021).

Se pueden concluir recordando que el manejo adecuado de cada camada nos garantizara un mayor porcentaje de lechones destetados, efectuando así buenas practicas en los protocolos establecidos. Tenemos que tener en cuenta que practicas como el descole y descolmillado solamente enmascaran problemas de manejo y conducta, causando un mayor estrés al animal.

Referencias.

1-. Blavi L, Solà-Oriol D, Llonch P, López-Vergé S, Martín-Orúe SM, Pérez JF. Management and Feeding Strategies

in Early Life to Increase Piglet Performance and Welfare around Weaning: A Review. *Animals (Basel)*. 2021; 11(2):302.

2- Sutherland, M. A., Davis, B. L., Brooks, T. A., & Coetzee, J. F. (2012). The physiological and behavioral response of pigs castrated with and without anesthesia or analgesia. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2211-2221.

3- Tenbergen R y Metzger E, 2018. Early pig care: o to the races. London swine conference. Pp 89- 10

4- Vande Pol KD, Tolosa AF, Shull CM, Brown CB, Alencar SAS, Ellis M, 2020. Eect of method of drying piglets at birth on rectal temperature over the rst 24 h after birth, *Translational Animal Science*, Volume 4, Issue 4

5- Farmer C y Edwards SA, 2020. The neonatal pig: developmental influences on vitality." *The suckling and weaned piglet*. Wageningen Academic Publishers. 649-653.

6- Heinonen, M., Orro, T., Kokkonen, T., Munsterhjelm, C., Peltoniemi, O., & Valros, A. (2010). Tail biting induces a strong acute phase response and tail-end inflammation in finishing pigs.

7- The Veterinary Journal, 184(3), 303-307.

eeese D, Hartsock T, Morrow M. Baby pig management-Birth to weaning. Factsheet Pork info Gateway. 2006.