

Pecuarios.com

Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

VOLUMEN 3 | ENERO - FEBRERO 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 13, Enero - Febrero 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 © 2022-2024, Pecuarios.com Última actualización: 01 de enero de 2025.

CONTENIDOS:

Avicultura.mx

Evaluación de dos tipos de alimento (migaja y harina) en machos y hembras, en dos estirpes comerciales de pollo de engorda sobre los parámetros productivos, rendimiento de la canal, pigmentación de la piel y alometría intestinal. **07**

Autores: / *Antony Kevin*
Sánchez de la Rosa / *Alma*
Salgado / *Arturo*
Cortés Cuevas

/ *Ernesto*
Ávila González / *Jorge Miguel*
Iriarte

Una condición de no-ventilación durante la primer mitad de la incubación a gran altitud acelera el desarrollo embrionario y mejora la incubabilidad en huevos fértiles de aves reproductoras pesadas. **18**

Autores: / *Marco Antonio*
Juárez Estrada

53

Autores: / *Francisco
Juárez Estrada*

**El pastoreo rotacional afecta la infestación de
Rhipicephalus microplus en el ganado bovino del
trópico húmedo.**

62

Autores: / *Gabriel*
Crúz González / *Agustín*
Fernández Salas / *Dora*
Romero Salas

/ *Epigmenio*
Castillo Gallegos / *Jesús*
Jarillo Rodríguez / *Jorge Genaro*
Vicente Martínez

/ *Juan Manuel*
Pinos Rodríguez / *Miguel Ángel*
Alonso Díaz

Ganadería bio-regenerativa.

71

Autores: / *Abraham*
Salomón Ganado

**La vitamina D ¿una aliada para la prevención de
la tuberculosis en el ganado?**

80

Autores: / *Susana*
Flores Villalva

Porcicultura.com _____

Adición de l-carnitina y ácido ascórbico para mejorar la calidad espermática de verracos potencialmente fértiles.

85

Autores: / *Claudia Leticia Morales Evangelista* / *Montoya J.I.* / *Aparicio J.E.* / *Cortés J.M.*
/ *Gutiérrez O.* / *Hernández J.E.* / *Utrera F.* / *Ríos D.* / *Crúz J.M.*
/ *Vázquez J.F.* / *Morales C.L.*

Alternativas al uso de antimicrobianos para el cuidado de la salud en la porcicultura.

90

Autores: / *María José Segura Peñafiel*

Capacitación de personal bajo el modelo de competencias en el sector porcino. 100

Autores: / *Yesenia*
/ *Menera Zunun*

**Evaluación del uso racional de preparados de enrofloxacin 109
administrados en el agua de bebida y por vía intramuscular.**

Autores: / *Maricarmen Eliud* / *Gutiérrez* / *Gutiérrez*
/ *Román Buendía* / *L.* / *O.*

/ *Román* / *Sumano*
E. / *H.*

**Impacto de la edad y el intervalo de descanso en 116
la calidad y producción seminal en un centro de
inseminación artificial (CIA).**

Autores: / *Luz Valeria* / *Espinosa* / *Omar*
/ *Martínez Carrillo* / *S.* / *Olvera de la Cruz*

Evaluación de dos tipos de alimento (migaja y harina) en machos y hembras, en dos estirpes comerciales de pollo de engorda sobre los parámetros productivos, rendimiento de la canal, pigmentación de la piel y alometría intestinal

¹ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, CDMX.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar dos tipos de alimento (migaja y harina) en dos de las principales estirpes de pollo de engorda empleadas en México (Ross 308 Y Cobb 500) en machos y hembras. Se utilizaron 600 pollos, 300 de la estirpe Ross y 300 de la estirpe Cobb de un día de edad, distribuidos en 4 tratamientos con 6 réplicas de 25 pollos cada uno, los tratamientos fueron: 1- Pollos Ross 308 alimentados con harina. 2- Pollos Cobb 500 alimentados con harina. 3- Pollos Ross 308 alimentados con migaja. 4- Pollos Cobb 500 alimentados con migaja, separados por sexo (3 réplicas de hembras y 3 de machos).

Los resultados indicaron diferencia ($P < 0.05$) en ganancia de peso y consumo de alimento con mayores datos en la estirpe Ross. Los datos de peso de la pechuga, tender y pierna con muslo fueron mayores en la estirpe Ross, con alimento en migaja y en machos respecto a la estirpe Cobb, en harina y en hembras. En pigmentación cutánea, los datos fueron mejor en aves alimentadas con migaja y en las hembras. En longitud de duodeno, yeyuno e íleon fueron similares ($P > 0.05$) entre estirpes y presentación de alimentos. Sin embargo los machos tuvieron una mayor ($P < 0.05$) longitud de duodeno, yeyuno e íleon. Con estos resultados, se puede concluir que la estirpe Ross 308 tuvo una mejor ganancia de peso que la estirpe Cobb 500, el peso de pechuga, tender y pierna con muslo fueron mejores en la estirpe Ross y con el alimento en migaja. La pigmentación de la piel fue mejor en

hembras y con el alimento en migaja. Por último, en la longitud intestinal no existió efecto a la estirpe y presentación del alimento.

Introducción

La avicultura es una actividad de gran importancia económica debido a la expansión considerable que ha tenido a nivel mundial, gracias a esta demanda, se necesita implementar manejos que permitan aumentar los parámetros productivos, para lograr mejores rendimientos e introducir un producto competitivo al mercado y con bajo costo.

En México la avicultura representa el 62.86% de la producción pecuaria, de esta la carne de pollo representa el 34.44% (1).

Las empresas líderes de genética en el mercado mexicano en producción de pollo de engorda son: Ross, Cobb y Hubbard. Para 2023 se registró una participación del 65.07%, 30.46% y de 4.47% respectivamente. (1).

En los objetivos de rendimiento del manual Ross 308 y el suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorda Cobb 500, se manejan pesos corporales iniciales de 44 y 42 gramos respectivamente, en el peso corporal final hay una diferencia de 320 gramos entre ambas líneas genéticas y de 629 gramos en el total de alimento acumulado al final del ciclo productivo, la conversión alimenticia es de 1.69 para Cobb 500 y 1.66 para Ross 308 a los 49 días de edad (2,3).

El pollo Ross tiene una conformación robusta, especialmente en la pechuga, con un aspecto redondeado, presenta buenos parámetros productivos como velocidad de crecimiento y adecuada conversión alimenticia. El pollo Cobb presenta un crecimiento acelerado y un rápido desarrollo de la pechuga con niveles altos de aminoácidos. Algunos autores señalan que los ritmos de crecimiento corporal y eficiencia alimenticia entre ambas estirpes no han cambiado sustancialmente por la selección genética (2). Sin embargo, otros investigadores señalan que tanto Cobb como Ross tienen diferente desarrollo embrionario y con diferentes patrones de crecimiento cuando llegan al finalizar el ciclo productivo (3,4). Se ha informado que los pollos crecen de forma más lenta cuando son alimentados con dietas en presentación en forma de harinas en comparación con los pollos alimentados con dietas en presentación granulada o pellet. (5,6). En México, se emplea alimento para la avicultura tanto en forma de harina, migaja y pellet. Con estos antecedentes, se pretende realizar el presente estudio con el objeto de evaluar dos estirpes comerciales (Ross 308 y Cobb 500), alimentados con dos formas de presentación del alimento (Harina y Migaja) tanto en machos como en hembras y medir su efecto en los parámetros productivos, rendimiento de la canal, pigmentación de la piel y alometría intestinal.

Material y métodos

Se utilizaron 600 pollos de engorda de las líneas genéticas Ross 308 y Cobb 500 de 1 día de edad (300 de la línea genética Ross 308 y 300 de la línea genética Cobb 500), los cuales se obtuvieron de dos incubadoras comerciales ubicadas en el estado de Morelos.

La crianza se llevó a cabo por sexos separados (3



“Se manejaron dos etapas de alimentación para los cuatro

réplicas de machos y 3 de hembras), las aves fueron alojadas en caseta de ambiente natural, con aislante térmico en el techo, piso de cemento con cama de viruta. Se manejó una densidad de población de 10 aves/m² a los 49 días de edad.

Durante las primeras 3 semanas se utilizaron criadoras automatizadas, rodetes de lámina galvanizada y cortinas externas e internas. Las aves se distribuyeron en 4 tratamientos con 6 réplicas de 25 pollos cada una, de la siguiente forma: Tx 1: Pollos Ross 308 alimentados con harina, Tx 2: Pollos Cobb 500 alimentados con harina, Tx 3: Pollos Ross 308 alimentados con migaja y Tx 4: Pollos Cobb 500 alimentados con migaja.

tratamientos; Iniciación: de 1 a 21 días de edad (22% de PC y 3000 kcal/kg de EM) y finalización: de 22 a 49 días de edad (20% de PC y 3150 kcal/kg de EM). La inclusión de xantofilas (flor de cempasúchil) para la pigmentación cutánea de la piel fue de 90 ppm por tonelada de alimento a partir de los 21 días de edad”.

La presentación en forma de migaja fue alimento de marca comercial. El alimento en harina se preparó en la planta de alimentos del C.E.I.E.P.Av, con los mismos ingredientes del alimento granulado los cuales fueron proporcionados también por la marca comercial, teniendo así dos dietas iguales donde solo cambia la forma física del alimento. Cada semana se midieron los parámetros productivos y a los 49 días de edad se seleccionaron 10 aves por réplica y fueron procesados en la planta de procesamiento perteneciente al C.E.I.E.P.Av. De cada ave se tomó la alometría de duodeno, yeyuno e íleon, así como el rendimiento de la canal y por piezas (pechuga, tender y pierna con muslo). Los datos de las variables estudio, se analizaron conforme a un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2x2x2; en donde un factor fue las estirpes (Ross 308 y Cobb 500), el otro factor la presentación del alimento (migaja y harina) y el último factor el sexo (Machos y Hembras). En caso de encontrarse diferencia ($P < 0.05$) entre los tratamientos los datos serán sometidos a un análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

Resultados

Parámetros productivos.

Los resultados para parámetros productivos a los 49 días de edad para ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad se muestran en el **cuadro 1**. Se puede observar que para ganancia de peso el factor sexo y estirpe presentaron diferencia ($P < 0.05$) mientras que en la variable presentación de alimento no existió diferencia ($p > 0.05$). Para consumo de alimento se mostró diferencia ($p < 0.05$) en las variables sexo y estirpe, en la variable presentación de alimento no existió diferencia ($p > 0.05$). En cuanto a conversión alimenticia, los datos indicaron diferencia ($p < 0.05$) entre la alimentación en harina y migaja, sin embargo, no existió diferencia ($p > 0.05$) entre el factor sexo y estirpe. Los resultados para porcentaje de mortalidad mostraron diferencia ($p < 0.05$) para el factor sexo y presentación de alimento. Para el factor estirpe no hubo diferencia ($p > 0.05$) entre Ross 308 y Cobb 500.

Factor	Ganancia de peso (gr)	Consumo de alimento acumulado (gr)	Conversión alimenticia (kg x kg)	Mortalidad (%)
Sexo				
Macho	3495a	6257a	1.77a	5.96a
Hembra	3161b	5794b	1.81a	2.36b
Estirpe				
Ross	3404a	6165a	1.80a	3.37a
Cobb	3252b	5886b	1.79a	4.95a
Presentación del alimento				
Harina	3224a	5795a	1.83a	3.82a
Migajas	3280a	5976a	1.75a	6.07a
Probabilidad				
Sexo	0.001	0.001	0.213	0.005
Estirpe	0.017	0.006	0.928	0.179
Presentación del alimento	0.005	0.007	0.024	0.019
S x E x P	0.993	0.148	0.236	0.246
EEM	28.74	43.62	0.016	0.560

Valores con diferente literal indican diferencia estadística $P \leq 0.05$.

Cuadro 1

Resultados de parámetros productivos a los 49 días de edad.

Resultados de parámetros productivos a los 49 días de edad en dos estirpes de pollo de engorda, macho y hembra con dos presentaciones de alimento.



Rendimiento de la canal

Los resultados para rendimiento de la canal se muestran en el **cuadros 2**, mostrando diferencia estadística ($p < 0.05$) solo para el factor presentación del alimento. Para los factores sexo y estirpe no existió diferencia ($p > 0.05$).

Factor	Rendimiento de canal (%)
Sexo	
Macho	72.73a
Hembra	73.43a
Estirpe	
Ross	73.48a
Cobb	72.68a
Presentación de alimento	
Harina	71.99a
Migaja	73.36b
Probabilidad	
Sexo	0.185
Estirpe	0.125
Presentación del alimento	0.049
S x E x P	0.395
EEM	0.259

Valores con diferente literal indican diferencia estadística.

Cuadro 2

Resultados de rendimiento en canal fría a los 49 días de edad.

Resultados de rendimiento de canal expresado en porcentaje a los 49 días de edad en dos estirpes de pollo de engorda, macho y hembra con dos presentaciones de alimento.



Los datos de rendimiento por piezas (peso en gramos) en pechuga, tender y pierna con muslo se muestran en el **cuadro 3**. Donde se encontró diferencia ($p < 0.05$) en los pesos de pechuga para el factor sexo y presentación del alimento, mientras que en el factor estirpe no se encontró diferencia ($p > 0.05$), para la pieza tender se observó diferencia ($p < 0.05$) en los 3 factores, para la pieza pierna con muslo se encontró diferencia ($p < 0.05$) en los factores sexo y estirpe, no así para el factor presentación del alimento.

Factor		Peso en gramos		
Sexo		Pechuga	Tender	Pierna y muslo
Macho		728.59a	143.62a	815.06a
Hembra		609.93b	130.37b	619.70b
Estirpe				
Ross		671.38a	139.92a	735.69a
Cobb		667.14a	134.07b	699.07b
Representación de alimento				
Harina		646.70b	136.03b	695.40a
Migaja		696.07a	143.82a	702.73a
		Probabilidad		
Sexo		0.001	0.001	0.001
Estirpe		0.695	0.003	0.001
Presentación del alimento		0.001	0.009	0.131
S x E x P		0.245	0.272	0.436
EEM		5.411	0.964	4.973

Valores con diferente literal indican diferencia estadística $P \leq 0.05$.

Cuadro 3

Resultados de peso expresado en gramos de 3 piezas distintas de pollo a los 49 días de edad en dos estirpes de pollo de engorda, macho y hembra con dos presentaciones de alimento.



Pigmentación de la piel

Para pigmentación de la piel, los datos obtenidos se muestran en el **cuadros 4**. Los datos mostraron mejores resultados ($p < 0.05$) en hembras y con el alimento en migaja; sin embargo, para el factor estirpe no hubo diferencia ($p > 0.05$).

Factor	Pigmentación de la piel amarillamiento (b+)
Sexo	
Macho	36.62a
Hembra	38.27b
Estirpe	
Roos	36.61a
Cobb	37.16a
Presentación del alimento	
Harina	36.68a
Migaja	39.02b
Probabilidad	
Sexo	0.001
Estirpe	0.883
Presentación del alimento	0.005
S x E x P	0.17
EEM	0.811

Valores con diferente literal indican diferencia estadística $P \leq 0.05$.

Cuadro 4

Resultados de pigmentación amarilla de la piel en canal fría a los 49 días de edad en dos estirpes de pollo de engorda, macho y hembra con dos presentaciones de alimento.



Alometría intestinal

Los resultados de alometría intestinal sobre su longitud, se muestran en en **cuadro 5** donde podemos observar que para longitud en duodeno encontramos diferencia estadística ($p < 0.05$) en las variables sexo y presentación del alimento, para el factor estirpe no hubo diferencia estadística ($p > 0.05$). En los resultados de yeyuno, íleon y longitud total del intestino delgado encontramos diferencia estadística ($p < 0.05$) para el factor sexo y para las variables estirpe y presentación del alimento no se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$).

Factor	Longitud de centímetros			
Sexo	Duodeno	Yeyuno	Íleon	Total
Macho	29.03a	69.37a	72.96a	171.36a
Hembra	27.37b	65.27b	65.20b	157.84b
Estirpe				
Ross	27.78a	67.46a	69.62a	164.88a
Cobb	28.62a	67.18a	68.53a	164.34a
Presentación del alimento				
Harina	27.80a	65.94a	68.02a	161.78a
Migaja	29.43b	68.42a	69.04a	166.90a
Probabilidad				
Sexo	0.007	0.015	0.001	0.001
Estirpe	0.169	0.865	0.541	0.882
Presentación del alimento	0.008	0.731	0.898	0.505
S x E x P	0.193	0.299	0.228	0.395
EEM	0.302	0.834	0.894	1.826

Cuadro 5

Resultados para alometría de intestino delgado expresado en centímetros, a los 49 días de edad en dos estirpes de pollo de engorda, macho y hembra con dos presentaciones de alimento.



DISCUSIÓN

Parámetros productivos

Al final de los 49 días que duro el estudio para ganancia de peso se observaron mejores resultados en las variables sexo y estirpe teniendo mejores resultados en machos y pollos de la estirpe Ross 308, Frank Idan et. al. (9) reporta que los parámetros productivos se ven influenciados por la presentación del alimento, siendo mejores en la presentación de micro pellets o migaja, consiguiendo resultados similares a los obtenidos en este trabajo ya que con la presentación en migaja se obtuvieron los mayores valores de los distintos parámetros productivos evaluados respecto a las aves alimentadas con harina: ganancia de peso (3280 gr. respecto a 3224 gr.), consumo de alimento (5976 gr. respecto a 5795 gr.) y conversión alimenticia (1.75 respecto a 1.83).

La literatura reporta que las líneas genéticas que han mostrado mejoras en el sistema cardiovascular son Ross y Cobb, no obstante, al ser criadas por arriba de 2.400 msnm presentan aumento de la mortalidad y disminución de la eficiencia productiva. Rodríguez J. et al. (10) utilizó dos líneas genéticas de pollo de engorda Ross y Cobb las cuales fueron distribuidas en cuatro grupos ; dos a nivel del mar y dos a una altura de 3320 msnm observó que ambas líneas tuvieron pesos mayores a menor altura, pero Ross tuvo los mejores parámetros productivos,

indicativo de una adaptación a altas tasas metabólicas sobre el nivel del mar, también se reportó que Cobb tuvo un crecimiento acelerado a los 30 días de edad, en el caso del presente estudio, a partir de la cuarta semana de edad el tratamiento de la línea genética Ross alimentado con migaja comenzó a tener una mayor ganancia de peso, en relación con los demás tratamientos.

Rendimiento de la canal

Los datos obtenidos son similares a los datos presentados por Andréia Massuquetto et. al. (11) donde realizó un estudio comparando dos presentaciones de alimento (harina y pellet) encontrando mejor porcentaje de rendimiento en los tratamientos alimentados con pellet respecto a los alimentados con harina. Girón D. et. al. (12) observó que en un ciclo de 35 días la pechuga de aves alimentadas con migaja y micro pellets tuvieron una diferencia aproximada de 27 gramos en comparación con las aves alimentadas con harina, los resultados difieren de este estudio donde se encontró para pechuga un promedio de 37 gramos entre las aves alimentadas con migaja y harina.

Pigmentación de la piel

F. Sirri et. al. (13) realizó un experimento donde se midieron los valores de amarillamiento (b+) en distintas partes de cuerpo. J. I. Muñoz-Díaz et. al. (14) realizó un estudio donde se midieron los valores de amarillamiento b+ en aves con distintas concentraciones de kcal de EM/kg, los resultados derivados de ambos estudios arrojaron datos similares a los presentes en este trabajo teniendo valores más altos en las hembras con respecto a los machos.

Alometría intestinal

En cuanto a los datos de alometría obtenidos en el presente estudio no se pueden discutir debido a la poca información científica que existe en esta variable; por lo que es importante ir generando esta información que seguramente servirá de una manera indirecta como indicativo de una mayor salud intestinal al presentar mayor longitud intestinal en el pollo de engorda sugiriendo que existe una mayor área de absorción y digestión de los nutrientes que puede traducirse en un mayor rendimiento productivo. Por esto, es importante seguir recabando información al respecto y en un futuro poder comparar los resultados con otros estudios científicos.

Conclusiones

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

1. La ganancia de peso y consumo de alimento fue mayor en la estirpe Ross 308 respecto a la estirpe Cobb 500.
2. La pigmentación de la piel fue mayor en las hembras respecto a los machos.
3. El peso de la pechuga, tender y pierna con muslo fue mayor en la estirpe Ross 308 y con el alimento en migaja.

4. La longitud intestinal duodeno, yeyuno e íleon fue mayor en la estirpe Ross 308 respecto a la estirpe Cobb 500.
5. En cuanto a las variables: porcentaje de mortalidad, ganancia de peso, peso de pechuga, tender y pierna con muslo, así como la longitud de duodeno, yeyuno e íleon presentaron mejores resultados los machos y alimentados con migaja respecto a las hembras y aves alimentados con harina.

Bibliografía

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. Ciudad de México. 2023.
2. Aviagen Ross 308. Objetivos de rendimiento parvada mixta. [Internet]. 2022 [citado 26 junio 2024]. Disponible en: <https://aviagen.com/es/brands/ross/products/ross-308>
3. Vantress Cobb. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición. Objetivos de desempeño [Internet]. 2022. [citado 26 junio 2024]. Disponible en: <https://www.cobbgenetics.com/>
4. Sakomura N.K., Gous R.M., Marcato S.M., and Fernández J.B.K. A description of the growth of the major body components of 2 broiler chicken strains. 2011. Poultry Science. 90:2888-2896.
5. Tona K., Onagbesan O.M., Kamers B., Everaert N., Bruggeman V., and Decuypere E. (2010). Comparison of cob and ross strains in embryo physiology and chick and juvenile growth. Poultry Science 89:1677-1683
6. Nangsuay A., Meijerhof R., Van den anker I., Heetkamp M.J.W., Kemp B., and Van den Brand H. (2015). Development and nutrient metabolism of embryos from two modern broiler strains. Poultry Science 94:2546- 2554
7. Lemme A, Wijtten PJA, Van Wichen J, Petri A, and Langhoults D.J. (2006). Responses of male growing broilers to increasing levels of 4 balanced protein offered as coarse mash or pellets of varying quality. Poultry Science. 85:721-730.
8. Leeson S, Summers JD. Broiler breeder production. 3 Ed. Guelph Ontario, Canada: University Books, 200
9. Frank Idan, Chad Paulk, Scott Beyer and Charles Stark. Effects of pellet diameter and crumble size on the growth performance and relative gizzard weight of broilers. 2023. Poultry Science; 32:100331.
10. Rodríguez J, Vásquez M, Cuevas S, Ayón M, Lira B, Chavera A, et al. Comparación histológica del espesor de la capa media de las arteriolas pulmonares en pollos de carne Cobb-Vantress y ross expuestos a hypoxia. Rev Investig Vet del Peru [Internet]. 2012;23(2):119–25. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v23n2/a01v23n2.pdf>
11. Andréia Massuquetto, Josiane C. Panisson, Francielle O. Marx, Diego Surek, Everton L. Krabbe, and Alex Maiorka. Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutrient digestibility in broiler chickens. 2019. Poultry Science 98:5497–5503.
12. Girón Diana, Lezcano Endhier. Efecto del alimento ofrecido como harina, migajas o micro pellets en el periodo de inicio sobre el rendimiento productivo y procesamiento de pollos de engorde en la línea Ross 708®. 2016. Escuela Agrícola Panamericana.

13. F. Sirri, M. Petracci, M. Bianchi, and A. Meluzzi. Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens. 2010. Poultry Science 89:1556–1561.
14. J. I. Muñoz-Díaz, B. Fuente-Martínez X. Hernández-Velasco, and E. Ávila-González. Skin pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from *Tagetes erecta*. 2012. Poultry Science. 21 :788–796.

Una condición de no-ventilación durante la primer mitad de la incubación a gran altitud acelera el desarrollo embrionario y mejora la incubabilidad en huevos fértiles de aves reproductoras pesadas

Resumen

El intercambio gaseoso es crucial para el desarrollo embrionario (DE) durante la incubación de huevos de las aves domésticas. **El presente estudio analiza el efecto del aumento gradual de dióxido de carbono (CO₂) durante los primeros 10 días de incubación a gran altitud en huevos de pollo de engorda.** Se determinaron los efectos de esta incubación hipercápnica temprana sobre los parámetros de incubabilidad y eclosión, crecimiento embrionario, viabilidad del embrión y la calidad de los pollitos eclosionados.

Se compararon dos condiciones de ventilación. En la primera, la concentración de CO₂ fue gradualmente obtenida a través del propio metabolismo del embrión en una incubadora no ventilada (NV) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario (DE10). Posterior al día 10 DE, la incubadora se ventiló normalmente durante el resto del período de incubación. En la segunda condición, la incubadora fue ventilada normalmente (V) durante todo el periodo de DE. La concentración de CO₂ en la incubadora V se mantuvo constante en 0.13% durante los primeros 10 días del DE; por el contrario, en el tratamiento NV, la concentración aumentó gradualmente de 0.14% a 0.9% a los 10 días de DE. Durante todo el período de incubación, la incubación NV exhibió una pérdida de peso de huevo (EWL) y mortalidad embrionaria significativamente ($P < 0.05$) menor en comparación con la incubación V. Sorprendentemente, la incubabilidad de huevos fértiles (HFE) de gallinas reproductoras pesadas jóvenes (37 semanas de edad) fue significativamente mayor 10% bajo condiciones de NV. en comparación con el grupo control V. La incubación NV a gran altitud (2230 m) produjo embriones con masa corporal libre de yema más pesada, con una tendencia progresiva a pesos más ligeros del saco vitelino desde el día 10 DE hasta la eclosión. El peso de los pollitos neonatos en el tratamiento NV fue de 43.4 g, con una longitud

de 17.5 cm, ambas características fueron significativamente mayores ($P < 0,05$) que los pollitos recién nacidos del grupo V (41.5 g y 17.2 cm respectivamente). La incubación en condiciones NV a gran altitud mostró un impacto positivo en la calidad de los pollitos recién nacidos en comparación con la calidad de los pollitos eclosionados en condiciones V. La condición NV durante los primeros 10 días de incubación a gran altitud mostró los mejores resultados ambientales y de incubabilidad. Se concluye que la condición NV, con aumento gradual en la concentración de CO_2 durante los primeros 10 días de incubación a gran altura, es preferible a las condiciones V.

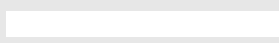
Palabras clave: Gallináceas, Hipercapnia, Hipoxia, Normoxia, Incubabilidad de huevos fértiles, Embrión, Mortalidad embrionaria, Calidad del pollito.

1. Introducción

El desarrollo embrionario (DE) en aves domésticas (*Gallus gallus*) está influenciado por una combinación de factores bióticos y abióticos, dentro de ellos, el legado genético y las condiciones ambientales (Mortola and Awam, 2010). El bagaje genético juega un papel crucial en la configuración del crecimiento y desarrollo en las aves domésticas, como lo muestran las diferentes características observadas en pollos de engorda y gallinas ponedoras ligeras (Cooper et al., 2011; Ho et al., 2011; Bilalissi et al., 2022). La cría selectiva a lo largo de los años ha dado como resultado diferencias significativas entre estos dos tipos de aves, lo que afecta su DE durante la incubación (Bednarczyk et al., 2021; Juárez-Estrada et al., 2024). Los factores ambientales que influyen en los requerimientos del DE para obtener una incubación exitosa incluyen la temperatura, la humedad relativa (HR), movimiento del aire, velocidad del aire y la composición gaseosa específica del ambiente (Molenaar et al., 2010; Boleli et al., 2016).



“El ambiente gaseoso es particularmente importante ya que este **puede influir en las trayectorias de desarrollo de los sistemas fisiológicos** reguladores en las aves domésticas (De Smit *et al.*, 2006; Everaert *et al.*, 2007; Molenaar *et al.*, 2010; Tona *et al.*, 2022)”.



Se ha propuesto que modificar el entorno de un organismo en desarrollo podría cambiar las trayectorias del desarrollo de algunos en sus sistemas fisiológicos de regulación. Este fenómeno se conoce como heterocaricidad (*versus* heterocronicidad), un tipo específico de plasticidad que describe el momento alterado del desarrollo impulsado por el medio ambiente dentro de una especie (Spicer and Burggren, 2003; Rundler and Spicer, 2016). La plasticidad en el momento del inicio de los eventos del desarrollo ocurre a nivel individual durante su desarrollo, lo cual actualmente sugiere un posible efecto epigenético (Spicer and Burggren, 2003; Blacker et al., 2004; Rundler and Spicer, 2016; Bednarczyk et al., 2021). Para alcanzar un DE normal se necesitan niveles adecuados de oxígeno y una suficiente cantidad de eliminación de dióxido de carbono (Ar y Deeming, 2009). La hipoxia crónica durante las fases críticas del desarrollo del embrión aviar puede tener diversos efectos (Mortola, 2009). La hipoxia crónica durante las fases críticas del DE del pollito puede afectar la tasa de supervivencia, el peso corporal y provocar anomalías del desarrollo (Blacker et al., 2004; Hassanzadeh et al., 2004; Chan y Burgreen, 2005; Tintu et al., 2009). Es relevante destacar que la hipoxia acelera el proceso de desarrollo de los

embriones de pollo, lo que conduce a una eclosión más temprana, atribuida a una maduración más temprana del sistema surfactante respiratorio (Blacker et al., 2004; Chan and Burgreen, 2005; Sharma et al., 2006; Haron et al., 2021). La hipoxia retrasa la aparición de todas las respuestas cardiovasculares durante el desarrollo de ciertas especies de vertebrados y modifica el tiempo de respuesta del programa de desarrollo (Galli et al., 2023). Este evento ilustra lo que algunos investigadores describen como la tercera forma de heterocaricidad: donde el arranque de un sistema regulatorio funcional cambia alterando tanto el inicio de la regulación como la duración del programa de desarrollo diferencial (Spicer y Burggren, 2003; Blacker et al., 2004; Rundle y Spicer, 2016). En la naturaleza, durante el desarrollo temprano del embrión aviar, la hipercapnia crónica con concentraciones de hasta 1% de CO_2 , es mucho más frecuente que la hipoxia. El aire atmosférico contiene entre 0.03 y 0.04% de CO_2 y aproximadamente 21% de O_2 . Sin embargo, la concentración de CO_2 puede superar el 1% en el nido de las gallinas domésticas durante la incubación natural, mientras que la concentración de CO_2 en el aire ambiental permanece alrededor de 0.03%. Aunque el suministro de O_2 y CO_2 durante la incubación es crucial para el desarrollo de los embriones de pollo y su proceso de eclosión, se ha observado también que el consumo de O_2 y la producción de CO_2 aumentan a medida que el embrión se desarrolla (García et al., 2013; Juárez-Estrada et al., 2024). Las investigaciones indican que el papel del CO_2 en el DE es complejo, y los estudios se han centrado en factores como el intercambio de O_2 y niveles presentes de pH en lugar de solo enfocarse a niveles elevados de CO_2 desde el inicio del período de DE. A medida que la altitud aumenta, la presión parcial de O_2 disminuye, afectando el intercambio de gases en el huevo incubado (Visschedijk, 1991). Se ha observado que las concentraciones de O_2 y en consecuencia las de CO_2 influyen en la mortalidad e incubabilidad de los embriones durante la incubación a gran altitud (Hassanzadeh et al., 2004; Ahmed et al., 2013; Okur et al., 2022; Juárez-Estrada et al., 2024). A medida que aumenta la altitud, la presión atmosférica disminuye, lo que afecta la presión parcial (Pa) de gases individuales como O_2 y CO_2 (Visschedijk, 1991). Sin embargo, la composición porcentual de estos gases en el aire permanece constante. Si bien los parámetros sanguíneos pueden no presentar cambios significativos, el desarrollo morfofisiológico de los órganos respiratorios como corazón y pulmones puede verse influenciado por la concentración de O_2 en la máquina incubadora, especialmente en relación con una gran altitud (Beker et al., 1995; Hassanzadeh et al., 2004; Okur, 2019; Okur et al., 2022). Para compensar la insuficiencia de O_2 regularmente se observa hipertrofia y desarrollo anormal de los órganos respiratorios (Hassanzadeh et al., 2004; Villamor et al., 2004; Mortola, 2009; Okur et al., 2022). Por lo tanto, es necesario compensar el bajo contenido de oxígeno en el aire agregando porcentajes crecientes dentro de la incubadora o bien aumentar la presión atmosférica dentro de las instalaciones a gran altitud (Sahan et al., 2011; Yilmaz-Dikmen et al., 2014), sin embargo, ambas medidas representan riesgos y desafíos tecnológicos complicados. En regiones de gran altitud como algunas partes de la India, América del Sur y México (2200-4000 m), se han reportado tasas muy bajas de incubabilidad (García et al., 2013; Ahmed et al., 2013). Usualmente, los huevos fértiles de gallina se incuban en un ambiente que contiene un 21% de oxígeno y un 0.5% de dióxido de carbono (Cobb, 2022; García et al., 2013). Sin embargo, diversas investigaciones sugieren que niveles de CO_2 más altos que los que se utilizan regularmente en sistemas de incubación multietápico (0.1-0.5%) pueden ser benéficos para el DE y la incubabilidad, lo cual depende del momento de aplicación de la hipercapnia durante la incubación (De Smit et al., 2006; García et al., 2013; Okur, 2022; Fares et al., 2023; Juárez-Estrada et al., 2024). La presencia de altas concentraciones de CO_2 durante la incubación puede influir en la incubabilidad, el peso del embrión y el desarrollo fisiológico de los embriones de pollo, destacando la importancia de las condiciones de intercambio gaseoso para el óptimo desarrollo del embrión (Fernandes et al., 2017; Tona et al., 2022; Fares et al., 2023). El dióxido de carbono juega un papel más importante de lo que se creía durante el proceso de incubación de los huevos de la gallina doméstica. Si bien usualmente se pensaba que el CO_2 era perjudicial para el embrión en desarrollo, esta creencia se pudo deber a la suposición de que el embrión necesita aire fresco y mucho oxígeno para lograr un desarrollo embrionario óptimo (Everarert et al., 2007). De hecho, con niveles atmosféricos de CO_2 entre 0.03% y 0.04%, y un promedio de CO_2 de 0.4% medido directamente en el nido bajo la gallina, es evidente que las gallinas incuban sus huevos manteniendo la concentración de CO_2 por arriba del nivel que se encuentra en el ambiente. Se ha observado que niveles más altos de CO_2 durante el proceso de incubación artificial estimulan el DE durante el inicio del período de incubación. (De Smit et al., 2006, 2008; Okur et al., 2022; Fares et al., 2023; Juárez-Estrada et al., 2024). Al modificar las condiciones de ventilación para permitir el aumento gradual natural de CO_2

durante los primeros 10 días de la DE en la incubadora da como resultado un mayor peso corporal absoluto y relativo (con respecto al peso total del huevo) del día 10 al 18 de DE (De Smit et al., 2006; Willemsem et al., 2008; Juárez-Estrada et al., 2024). Esto sugiere que niveles más altos de CO₂ durante la incubación temprana pueden acelerar el crecimiento embrionario y elevar los niveles de corticosterona y T3 en plasma (De Smit et al., 2006; El-Hanoun et al., 2019; Fares et al., 2023). El-Hanoun et al. (2019) observaron que los huevos de patos (Pekín) incubados en una incubadora hermética con una concentración creciente de dióxido de carbono del 1% hasta los 10 días de incubación, al final del proceso mostraron mayor peso corporal y mayor HFE, lo que indica que una condición NV durante los primeros 10 días de incubación en patos es preferible a una condición V. En un estudio donde se incubaron huevos de aves reproductoras jóvenes (Ross 308) a gran altitud en una incubadora hermética que permitió que el nivel de CO₂ aumentara al 1.2 % al día 10 de DE seguida de incubación estándar, se observó una mejora del 7 % de HFE en comparación con el grupo V control (García et al., 2013). En un estudio reciente, Fares et al. (2023) descubrieron que los altos niveles de dióxido de carbono (0.9 %) durante el DE temprano (0-9 días) contribuyeron a una eclosión más estrecha y temprana, a mayor HFE y a mayor peso de los pollitos nacidos comparados con el grupo control V. Si bien los efectos de diferentes niveles de CO₂ sobre la incubabilidad de los huevos han sido ya documentados en la literatura, la suposición en la industria avícola de que los niveles elevados de CO₂ al comienzo de la incubación a gran altitud mejoran la incubabilidad y la calidad de los pollitos aún no se encuentra respaldada con suficientes evidencias científicas (García et al., 2013; Özlü, et al., 2019; Okur et al., 2022). El objetivo de este estudio fue evaluar si el incremento gradual de CO₂ durante los primeros 10 días de incubación a una altitud de 2230 m.s.n.m., seguido de una ventilación estándar hasta la eclosión muestra efectos benéficos sobre la incubabilidad y la supervivencia del embrión. El objetivo fue investigar también si la manipulación de la ventilación tiene algún impacto en la evolución natural de los niveles de CO₂ dentro de la incubadora, el crecimiento de los embriones, su viabilidad, los eventos de eclosión y la calidad de los pollos de engorda de un día de edad.

2.0 Material y métodos

2.1 Huevos fértiles aptos para incubación

El estudio utilizó huevos fértiles aptos para incubar de una parvada de gallinas reproductoras pesadas Ross 308 de 37 semanas de edad. La granja de aves reproductoras se ubica a 1,350 m.s.n.m., en Jiutepec, Morelos, México. Se recolectaron y almacenaron 420 huevos aptos para incubación, los huevos fueron colocados con el polo agudo hacia abajo en un almacén refrigerado (18°C y 75% HR) durante un periodo de 3 a 7 días antes de iniciar su incubación. Todas las bandejas de huevos fueron trasladadas a una sala de incubación experimental ubicada en la Ciudad de México a 2,230 m.s.n.m. Al arribo, todos los huevos fueron asignados aleatoriamente en dos grupos de igual cantidad, los huevos fueron identificados, pesados y colocados en diez incubadoras comerciales automáticas de aire forzado (Hova-Bator® Mod. #1583 G.Q.F. Inc. Savannah, Georgia, U.S.A.).

2.2 Diseño Experimental

El primer grupo de huevos aptos para incubar se colocó durante todo el período de incubación en una incubadora ventilada normalmente (V). El segundo grupo de huevos aptos para incubar se incubó durante los primeros 10 días de incubación en una incubadora no ventilada (NV). La condición hermética se logró cerrando con adhesivo de polipropileno (Tuck® Sarasota, FL, USA) 8 de las 12 aperturas de ventilación (damper) inferiores y las dos salidas (exhaucio) superiores de la incubadora comercial. Del décimo día de desarrollo embrionario (10DE) hasta el 18 DE, ambos tratamientos se mantuvieron bajo las mismas condiciones V. Se incubaron 42 huevos en cada tratamiento, cada tratamiento se repitió cinco veces de manera isotemporal. Los primeros dos días todos los huevos se incubaron a 100.0°F de bulbo seco, de 3 a 7 días a 99.9°F, de 8 a 10 días a 99.7°F, de 11 a 13 días a 99.5°F, de 14 a 15 días a 99.3°F, los días 16 y 17 a 99.0°F, y del día 18 al 21.5 a 98.4°F. En la condición V, desde el día 1 del DE hasta el día 18 de DE, y en las condiciones NV desde el día 10 de DE hasta el día 18 DE, el bulbo húmedo se mantuvo a 84.5°F. Los huevos se movieron lateralmente cada hora del día 1 al 18 de

incubación (posición del eje longitudinal con el polo agudo hacia abajo isoangular de 45° a la contraria 45°). A las 444 h de incubación, los huevos se pesaron y se ovoscopiaron. Todos los huevos con embriones vivos fueron transferidos a bandejas fijas de nacedora. El bulbo húmedo de la nacedora se mantuvo a 90.0°F del día 18 DE hasta la eclosión. Las incubadoras fueron monitoreadas 6 veces al día para asegurar su correcto funcionamiento. Para realizar un seguimiento preciso del tiempo de eclosión, la hora en que se colocaron los huevos en cada incubadora se registró como la hora cero. Las concentraciones de CO₂ y O₂ dentro de cada máquina se midieron cuatro veces al día (mañana, mediodía, tarde y noche) utilizando un sensor infrarrojo (NDIR) y un sensor de celda galvánica, respectivamente. (Analox®, Analox Inst. Ltd. The Vale, London W3 7QE, UK). Antes de cada medición, los analizadores de gases se calibraron de forma idéntica utilizando aire atmosférico y gases para calibración de precisión.

2.3 Peso del huevo incubable y masa embrionaria

Los huevos se pesaron individualmente (g) cuando al colocarlos en cada incubadora (0 días), a los 10 y a los 18 días de incubación. En cada condición de ventilación se determinaron durante diferentes intervalos de incubación (0-10, 10-18 y 0-18 días) los porcentajes de pérdida de peso del huevo (EWL). Se tomaron aleatoriamente quince huevos de cada incubadora para determinar EWL utilizando la siguiente ecuación:

“

EWL = EW a cada día del muestreo de DE- EW del mismo huevo al día 0 de DE/ EW del mismo huevo al día 0 de DE x 100.

Para determinar la relación entre el peso corporal del embrión sin yema y el peso del saco vitelino solo con respecto al peso del huevo, aleatoriamente se tomaron 5 huevos por incubadora a los 10, 12, 14, 16 y 18 días de incubación, y 9 pollitos por bandeja de la máquina nacedora. Los pesos de base húmeda y seca del embrión sin yema, el saco vitelino, el corazón y el hígado de cada huevo y pollito recién nacido muestreados se midieron de acuerdo con la metodología descrita previamente por Willemsen et al (2011). Brevemente, después de una cuidadosa separación del embrión y el saco vitelino, ambos se pesaron. Los embriones se pesaron después de secar el exceso de líquido con papel absorbente (Versi-Dry® Thermo Scientific). Para el proceso de desecado del embrión, se excluyeron los órganos internos, la piel y las membranas extraembrionarias, mientras que el saco vitelino completo se deseco como una sola pieza. El embrión sin yema, el saco vitelino, el corazón y el hígado se desecaron calentándolos en una estufa seca a 140°F durante 72 horas hasta alcanzar un peso final estable.

2.4 Parámetros de incubación y eclosión

Después de la transferencia a las canastillas de la nacedora al día 18 de DE, los huevos se monitorearon individualmente cada 2 horas, iniciando a las 468 horas durante un periodo de 48 horas. Durante este período, se registró la frecuencia de picaje interno (IP), picaje externo (EP) y la eclosión del pollito de cada huevo. Los pollitos eclosionados por completo con ombligo cicatrizado y con la cabeza y cuello secos se extrajeron de la máquina para su evaluación. Para cada huevo, la duración de la incubación se determinó como el período entre el arranque de la incubación y el momento de su eclosión.

Al final de la incubación, la incubabilidad de los huevos fértiles (HFE) se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Total de pollitos recién nacidos/total de huevos fértiles x 100

La incubabilidad total de los huevos (HES) se determinó utilizando la siguiente ecuación:

Total de pollitos recién nacidos/total de huevos incubados x 100

Después de retirar los pollitos recién eclosionados, estos se pesaron con una balanza de precisión de 0.1 g, se midió su longitud y se les otorgó una puntuación de calidad bajo condiciones aleatorias de evaluación doble ciego. La ventana de nacimientos se registró como el tiempo transcurrido entre el primer y último pollito nacidos dentro de cada grupo de tratamiento.

2.5 Mortalidad embrionaria

Los huevos que no eclosionaron después de los 21,5 días de incubación se examinaron macroscópicamente con la finalidad de estimar la tasa de fertilidad y evaluar la etapa de desarrollo alcanzada antes de que muriera el embrión. En la medida de lo posible el tiempo de mortalidad embrionaria se estimó en periodos de días. El porcentaje de mortalidad embrionaria, expresado como porcentaje parcial del total de los huevos diagnosticados como fértiles, se clasificó y registró en diferentes periodos del DE. La mortalidad embrionaria temprana (EED) ocurrió durante la etapa I (días 1 a 7 del DE), la mortalidad embrionaria media (MED) durante la etapa II (días 8 a 17 del DE), la mortalidad embrionaria tardía (LED) durante la etapa III (días 18 a 21 del DE) y los huevos picados no nacidos antes de las 516 horas (HPN) se clasificaron como etapa IV.

2.6 Escala de calificación de calidad de los pollitos

Todos los pollitos eclosionados fueron retirados e identificados individualmente. Cada pollito fue examinado macroscópicamente para identificar características asociadas con una calidad excelente, muy buena, promedio, deficiente e inclasificable. Esta metodología evaluó la calidad de los pollitos basándose en observaciones de campo de diversas condiciones físicas cruciales para el desarrollo exitoso posterior de los pollitos, incluido el peso y longitud corporal inicial, nivel de actividad, condición de las plumas, integridad ocular, presencia de defectos congénitos o genéticos, fortaleza de las patas, morfología de los dedos, nivel de hidratación, condición del área del ombligo, integridad de la cloaca y restos de saco vitelino. La puntuación de la calidad de los pollitos recién nacidos se basó en trece características. Estas incluyeron principalmente condiciones físicas, como limpieza y humectación corporal, nivel de actividad, apariencia de los ojos, cantidad de saco vitelino retraído, cantidad de saco vitelino remanente, conformación de piernas y patas, integridad del tarsometatarso y dedos de las patas, apariencia del ombligo, presencia de membranas y desechos restantes, apariencia de la cloaca, condición de hidratación, peso corporal y longitud del pollito. En cada pollito se registraron los rasgos cuantitativos, peso corporal (medido en gramos) y longitud total (medido en centímetros). Para medir la longitud total de los pollitos, cada pollito se colocó pico abajo sobre una superficie plana, asegurándose de que el cuello y la pata derecha estuvieran completamente extendidos hasta su longitud máxima sin incomodar o lesionar al ave. La longitud del pollito se definió como la distancia desde la punta del pico hasta el punto donde se une la uña con la falange del tercer dedo. (Tona et al., 2003, 2004; Wolanski et al., 2006; Willemsen et al., 2008). Todos estos métodos se encuentran indicados y descritos en la **Tabla 1**.

Parámetros	Evaluación
Posición y apariencia	El pollito de 1 día de edad se considera normal si está seco y limpio. Si está mojado o sucio o ambos (lo que puede ser una fuente de contaminación) su evaluación individual no es buena.
Actividad	Se evaluó colocando al polluelo pico arriba para determinar qué tan rápido volvía a ponerse en pie. Un movimiento rápido para ponerse de pie se consideró bueno, pero arrastrarse de nuevo sobre sus patas o permanecer pico arriba se evaluó como débil o muy débil.
Ojos	El pollito recién nacido se colocó frente al evaluador. Se determinó el grado de brillo de los ojos y la amplitud en la apertura de los párpados.
Retracción de la Yema	El pollito se colocó pico arriba de forma oblicua sobre la palma de la mano hasta que el movimiento abdominal se detuvo por completo. Al tacto gentil se estimó la altura y consistencia de su abdomen. Si se estimaba que la altura del abdomen era más alta y más difícil de tocar de lo normal, entonces la yema retraída se consideraba grande y firme.
Yema remanente	La observación del área del ombligo permitió estimar el tamaño de la yema remanente. El tamaño del saco vitelino restante se clasificó como grande, pequeño o bien, sin presencia ya de saco vitelino.
Piernas	Se colocó al pollito sobre sus patitas para determinar si se mantenía bien erguido. Si el pollito se mantenía erguido con dificultad, se examinaban las articulaciones de las rodillas para detectar signos de inflamación, enrojecimiento o ambos.
Tarsometatarso y dedos	Se colocó al pollito sobre sus patitas y se examinó la integridad del tarsometatarso y los dedos de los pies. Los dedos de los pies fueron analizados para determinar qué tan rectos o torcidos estaban.
Ombligo	Se examinaron el ombligo y sus alrededores para determinar el grado de cierre del ombligo y su coloración. Si el color era diferente al color de la piel, entonces no se consideraba bueno, si tenía apariencia de botón (negro= en el ombligo o se observaba un ombligo con fugas, esto era muy malo).
Membranas remanentes	La observación del área del ombligo permitió estimar el tamaño de cualquier membrana o residuo restante. Si la había, el tamaño se clasificaba en grande, pequeña o bien sin membrana y restos.
Apariencia de la cloaca	Se examinó el área de la cloaca de los pollitos para determinar su grado de limpieza. Se consideró normal si estaba limpia. Si estaba mojada o con adherencia de material blanco calcáreo, sucio o pegado o ambos (que pueden ser una fuente de contaminación), entonces no era una buena condición de la misma.
Des- hidratación	Se valoró el grado de des- hidratación, la apreciación de la piel y vasos vasculares del cuello, ala y pierna permitió estimar el estado de hidratación. Se consideró normal, piel seca y piel muy seca.
Peso	Todos los pollitos neonatos fueron pesados individualmente (g).
Longitud	El pollito de un día de edad se colocó pico abajo, con el cuello y la pata derecha extendidos al máximo sobre una escala milimétrica. La longitud del polluelo se definió como la longitud desde la punta del pico hasta la implantación de la uña en el tercer dedo.

* Condición de incubadora hermética lograda mediante cinta de Polipropileno Tuk® (P) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario..

** Las medias ($\pm$ DE) dentro de la misma fila sin una letra superíndice común son significativamente diferentes ($P < 0,05$).
 ψ n= 20 embriones/grupo Φ n= 36 pollitos/grupo.

Tabla 1

Evaluación de diferentes características morfofisiológicas para calificar la calidad de los pollitos de engorda neonatos.



La puntuación de calificación asignada a cada pollito recién nacido se utilizó para crear un índice de calidad de los pollitos neonatos (CHQ). A cada parámetro se le asignó un valor de calificación en función del desempeño posterior que muestran las aves durante su fase de crianza en granja, esto de acuerdo a como lo han descrito previamente Tona et al. (2005) y Willemsen et al. (2008, 2010). Las características discretas se calificaron en una escala de 0 a 100 puntos, de acuerdo a como se describe en la **Tabla 2**.

Parámetros	Características	Puntuación
Posición y apariencia	Limpio y seco	8
	Mojado	4
	Mojado y sucio	0
Actividad	Buena	8
	Débil	4
	Muy débil, el pollito permanece en reposo	0
Ojos	Ambos abiertos y luminosos.	8
	Abiertos, pero no brillantes	4
	Uno o ambos están cerrados	0
Retracción de la Yema	Cuerpo con saco vitelino absorbido normal.	8
	Saco vitelino absorbido con consistencia regular.	4
	Con saco vitelino grande y bastante difícil de palpar.	0
Yema remanente	Sin saco vitelino	8
	Saco vitelino pequeño	4
	Saco vitelino grande	0
Piernas	Piernas normales	8
	Una pierna infectada o hinchazón de la articulación del corvejón	4
	Dos piernas infectadas o hinchazón de ambas articulaciones del corvejón.	0
Tarsometatarso y dedos	Dedos normales	8
	Dedos torcidos más ligeros	4
	Dedos torcidos	0
Omblico	Completamente cerrado y limpio.	10
	Sin cicatrizar aún (<1,5 mm) y no descolorido	4
	Botón de ombligo negro u ombligo con fugas, sin cicatrizar (>1,5 mm) y descolorido	0
Membranas remanentes y restos	Sin membranas o restos no identificables	8
	Membrana pequeña	4
	Membrana grande	0
Apariencia de la cloaca	Limpio	8
	Húmedo	4
	Sucio o emplastamiento evidente	0
Des- hidratación	Piel tersa y normal	8
	Piel seca y arrugada	4
	Piel muy seca y arrugada.	0
Peso	> 40 g	8
36-45 semanas edad	37-40 g	4
Reproductoras pesadas	< 37 g	0
Longitud	> 18 cm	10
36-45 semanas edad	15-18 cm	4
Reproductoras pesadas	< 15 cm	0

Tabla 2

Asignación de puntuaciones a diferentes características de calidad evaluadas en pollitos de engorda recién nacidos.



La asignación del rango de puntaje de calidad fue la siguiente: 90-100 puntos = Excelente, 80-89 = Muy Buena; 70-79 = Promedio; 60-69 = Deficiente y < 59 = Inclasificable. La puntuación final permitió calificar cada rango porcentual en cada tratamiento de ventilación (V y NV). Todas las mediciones se realizaron de manera doble ciego, cada parámetro se midió para todos los pollitos tomados en orden aleatorio de todo el lote antes de evaluar el siguiente parámetro.

2.7 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través de análisis de varianza (ANDEVA) por medio de un modelo lineal general (GLM) (SAS/STAT 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Las variables paramétricas fueron el peso de los huevos al inicio de la incubación, peso húmedo y seco del embrión sin saco vitelino, peso húmedo y seco del saco vitelino, peso húmedo y seco del corazón e hígado, longitud total y peso corporal de los pollitos recién eclosionados. Antes de realizar el análisis estadístico, los datos de los parámetros de incubación y eclosión, y las pérdidas de peso de los huevos se sometieron a una transformación obteniendo el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. Posteriormente todos estos datos se analizaron mediante un ANDEVA por medio de un GLM. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, para discriminar diferencias específicas entre los grupos se realizaron comparaciones post-hoc utilizando la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Todos los valores se expresaron como media $\pm$ desviación estándar (DE). La prueba de Chi-Cuadrada fue utilizada para evaluar las diferencias entre etapas de mortalidad embrionaria (I, II, III y PNH), también se empleó para el análisis de las proporciones de la puntuación de calidad de los pollitos de un día de edad. La determinación de significancia estadística fue basada en un umbral de $P < 0.05$.

3.0 Resultados

Ambiente de la Incubación

La **Figura 1A** muestra una concentración de CO_2 baja (0.13%) pero constante en la condición V durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario, mientras que la condición NV mostró un aumento gradual en la concentración de CO_2 desde el inicio de la incubación hasta el día 10 DE, alcanzando una concentración de 0.88% de CO_2 en esta fecha (**Figura 1**).

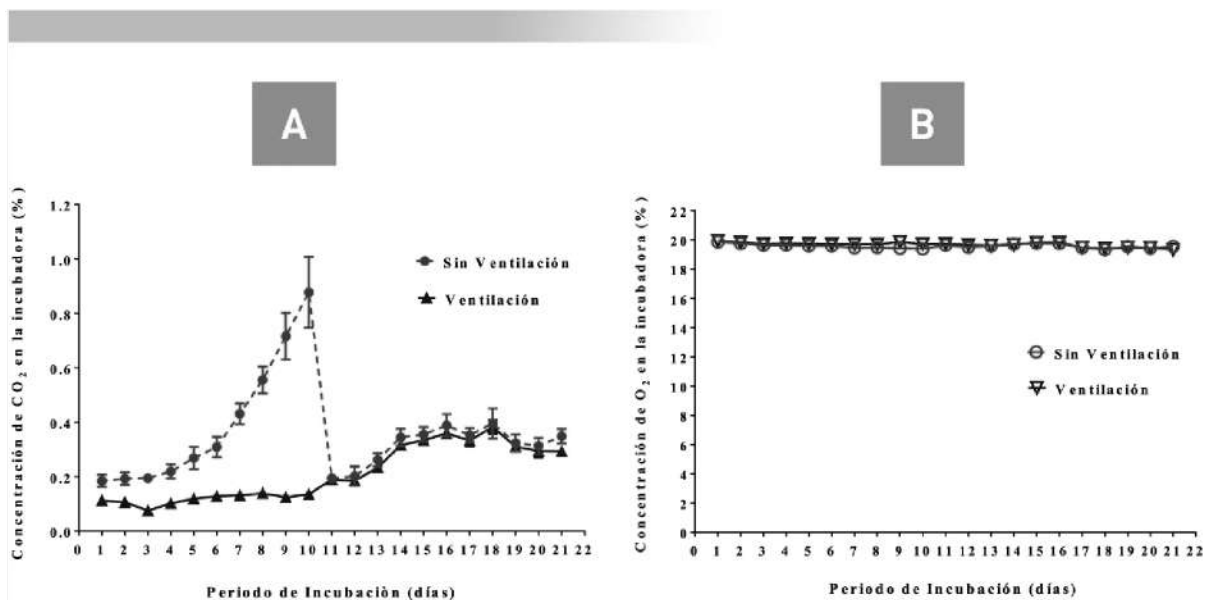


Figura 1

Dinámica de la concentración de CO₂ (A) y O₂ (B) en las incubadoras herméticas sin ventilar y de ventilación estándar (n=5)



Durante los primeros 10 días de DE, la condición V mostró mayor concentración de O₂ (19.85%) significativamente mayor ($P < 0.05$) al 19.55% de O₂ registrado en el tratamiento NV. Desde el día 10 DE hasta la eclosión, la condición NV exhibió mayor concentración de CO₂ los días 13, 14 y 21 de desarrollo embrionario (**Figura 1A**), mientras que ambas condiciones de ventilación mantuvieron niveles similares de O₂ durante este mismo período (**Figura 1B**). La sala de incubación mantuvo una temperatura promedio de 24.4°C y una humedad relativa del 53.3% durante todo el período experimental. Los niveles de O₂ medidos fueron de 19.88%, con una concentración de CO₂ de 0.10%.

Pérdidas de peso del huevo

El peso promedio de los huevos aptos para incubar al arranque de la incubación fue de 61.4 ± 4.07 g en el grupo V y de 61.9 ± 3.59 g en el grupo NV, sin determinar diferencias significativas entre ambos grupos. En la condición V, la EWL al día 10 de DE fue de 6.26 ± 1.00 %, significativamente mayor ($P < 0.05$) al 5.30 ± 1.56 % registrado en el grupo NV (Tabla 3). Cuando todos los huevos para incubar se transfirieron a las bandejas de la nacedora, el grupo V exhibió un EWL promedio de 11.65 ± 1.93 %, significativamente mayor ($P < 0.05$) al 10.45 ± 2.07 % de EWL observado en el grupo NV (**Tabla 3**). La pérdida de peso del huevo del día 10 al 18 de DE no mostró diferencia entre los tratamientos (**Tabla 3**).

Parámetros	Ventilación	Sin-Ventilación*
Peso del huevo al arranque (g)	61.43 ± 4.07 ^{A**}	61.94 ± 3.59 ^{A**}
Peso del huevo al día 10 de DE (g)	57.58 ± 3.93 ^A	58.66 ± 3.75 ^A
Pérdida peso del huevo día 10 DE (%)	6.26 ± 1.00 ^A	5.30 ± 1.56 ^B
Peso del huevo al día 18 de DE (g)	54.27 ± 3.94 ^A	55.47 ± 3.77 ^A
Pérdida peso del huevo día 18 DE (%)	11.65 ± 1.93 ^A	10.45 ± 2.07 ^B
Pérdida peso del huevo día 10-18 DE (%)	5.39 ± 0.37 ^A	5.15 ± 0.85 ^A

*Condición de incubadora hermética no ventilada lograda por medio de sellado con cinta de Polipropileno Tuk® (P) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

**Las medias (±DE) en la misma fila sin una letra de superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05). n= 75 huevos de pollo de engorda por grupo.

Tabla 3

Asignación de puntuaciones a diferentes características de calidad evaluadas en pollitos de engorda recién nacidos. Pérdida de peso del huevo a los 10 y 18 días de incubación en condiciones ventiladas y no ventiladas de huevos aptos para incubar de reproductoras pesadas.



Parámetros de incubación y eclosión

En el grupo V, el HFE fue de 56.7 %, significativamente menor (P<0,05) al 66.9 % de HFE observado en el grupo NV (**Tabla 4**). La incubabilidad total de los huevos en la condición V fue de 53.18 % significativamente menor (P<0,05) comparada con el 57.95 % registrado en el grupo NV (**Tabla 4**). Los embriones del grupo NV comenzaron a eclosionar 11.5 horas antes (P<0,05) que los del grupo V. La ventana de eclosión fue de 49 horas para los pollitos del tratamiento NV y de 41 horas para el tratamiento V, sin que se observaran diferencias significativas entre ambos grupos.

Análisis de mortalidad embrionaria

Durante la primera etapa de DE, no se observaron diferencias significativas en la mortalidad embrionaria entre las condiciones NV y V. Los resultados de la Tabla 4 muestran diferencias en la mortalidad embrionaria entre los tratamientos NV y V desde la etapa intermedia en adelante. El tratamiento NV mostró una tasa de mortalidad embrionaria media del 9.3%, significativamente menor (P<0,05%) en comparación al 17.1% observada en el grupo V (**Tabla 4**). Los embriones que murieron en la etapa tardía (18-21 días de DE) predominantemente se observaron en la condición V (17.3%), que fue significativamente mayor (P<0,05) al 7.43% de mortalidad embrionaria observada en el grupo NV (**Tabla 4**). El porcentaje de huevos picados no nacidos en el grupo NV fue 0%, significativamente menor (P<0.05) al 1.2% observado en el grupo V. La mayor mortalidad embrionaria total

se observó en el grupo V (53.3%), mientras que el grupo NV mostró 20.2% menos de mortalidad total (**Tabla 4**).

Parámetros de Incubación	Ventilado	Sin-Ventilar*
Fertilidad (%) ^ψ	92.26 ± 4.91 A ^ψ	92.26 ± 7.87 A ^ψ
Incubabilidad huevos fértiles (%) ^ψ	56.71 ± 10.19 B	66.93 ± 12.96 A
Natalidad (%) ^ψ	53.18 ± 10.01 B	57.95 ± 9.33 A
Mort. embrionaria temprana (%) ^φ	17.62 A ^φ	16.32 B ^φ
Mortalidad embrionaria media (%) ^φ	17.09 A	9.33 B
Mortalidad embrionaria tardía (%) ^φ	17.35 A	7.43 B
Picado no nacido (%) ^φ	1.20 B	0.0 B
Mortalidad embrionaria total (%)	53.3	33.1

*Condición de incubadora hermética no ventilada cerrada mediante cinta de Polipropileno Tuk® (P) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

^ψ Las medias (± DE) dentro de la misma fila sin una letra superíndice común son significativamente diferentes (P <0,05).

^φ Las medias dentro de la misma fila sin una letra superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05).

n= 210 Huevos aptos para incubar de reproductoras pesadas por grupo.

Tabla 4

Parámetros de incubación y del análisis de mortalidad embrionaria de acuerdo a condiciones Ventiladas y Sin Ventilar.



Desarrollo embrionario y pollitos eclosionados

El peso de los pollitos de un día de edad del grupo NV, fue de 43.41 ± 1.84 g, significativamente mayor (P<0.05) a los 41.51 ± 1.58 g registrados en los pollitos del grupo V control. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la longitud de los pollitos eclosionados entre las ambas condiciones de ventilación (**Tabla 5**).

Características de Calidad	Ventilada	Sin-Ventilar*
Excelente (%)	0 ± 0 **	0 ± 0 **
Muy buena (%)	24.30 ± 10.30 ^A	28.96 ± 11.22 ^A
Promedio (%)	20.83 ± 14.43 ^B	47.89 ± 13.71 ^A
Deficiente (%)	48.61 ± 17.89 ^A	20.63 ± 13.89 ^B
Inclasificable (%)	6.25 ± 3.71 ^A	2.50 ± 2.0 ^B
Peso corporal (g)	41.51 ± 1.58 ^B	43.41 ± 1.84 ^A
Longitud total (cm)	17.20 ± 0.60 ^A	17.48 ± 0.96 ^A

*Condición de incubadora hermética no ventilada cerrada mediante cinta de Polipropileno Tuk® (P) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

** Las medias (± DE) dentro de la misma fila sin una letra superíndice común son significativamente diferentes (P <0,05). n= 45 pollitos/grupo

Tabla 5

Puntuación del grado de calidad y principales características cuantitativas en pollitos de engorda de un día de edad en condiciones ventiladas y no ventiladas durante la primera mitad de la incubación a gran altitud (2,230 m.s.n.m.)



La masa corporal embrionaria libre de yema del tratamiento NV, ya sea húmeda o desecada, fue consistentemente más pesada en comparación con el grupo V control desde el día 10 hasta el día 18 DE, esta tendencia se mantuvo en los pollitos de engorda nacidos (**Figuras 2, 3, 4 y 5**). Por otra parte, la masa de saco vitelino húmeda y desecada del grupo control V consistentemente fue más pesada (P<0.05) comparada con la del grupo NV a los días 10, 14, 16 y 18 del DE, tendencia también observada en los pollitos recién eclosionados (**Figuras, 2, 3, 4, y 5**).

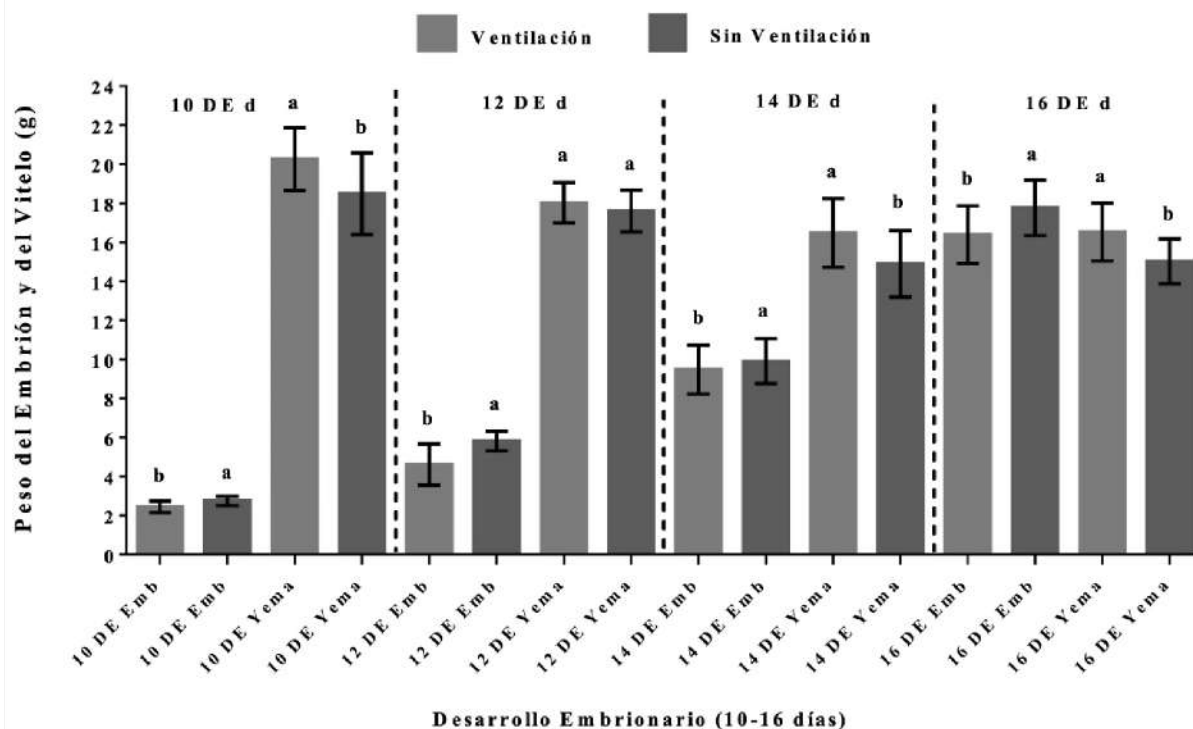


Figura 2

Efecto de no ventilar durante los primeros diez días de incubación a gran altitud sobre la masa embrionaria libre de yema húmeda y la masa del saco vitelino húmedo a los 10, 12, 14 y 16 días del desarrollo embrionario (n=25)



La masa húmeda del saco vitelino del grupo V no mostró ninguna diferencia al día 12 de DE en comparación con del saco vitelino del grupo NV. La masa desecada del saco vitelino solo mostró diferencia entre los grupos al día 10 del DE (Figura 3).

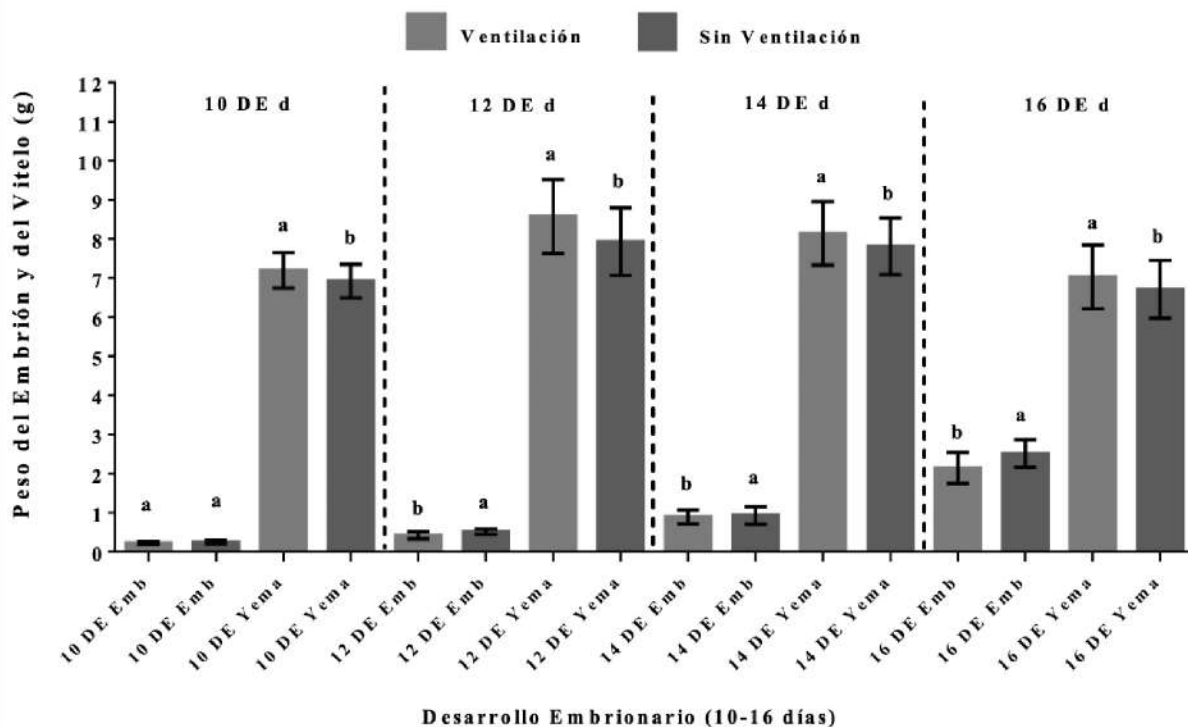


Figura 3

Efecto de la no ventilación durante los primeros diez días de incubación a gran altitud sobre la masa del embrión libre de yema seca y la masa del saco vitelino seco a los 10, 12, 14 y 16 días del desarrollo embrionario (n=25).

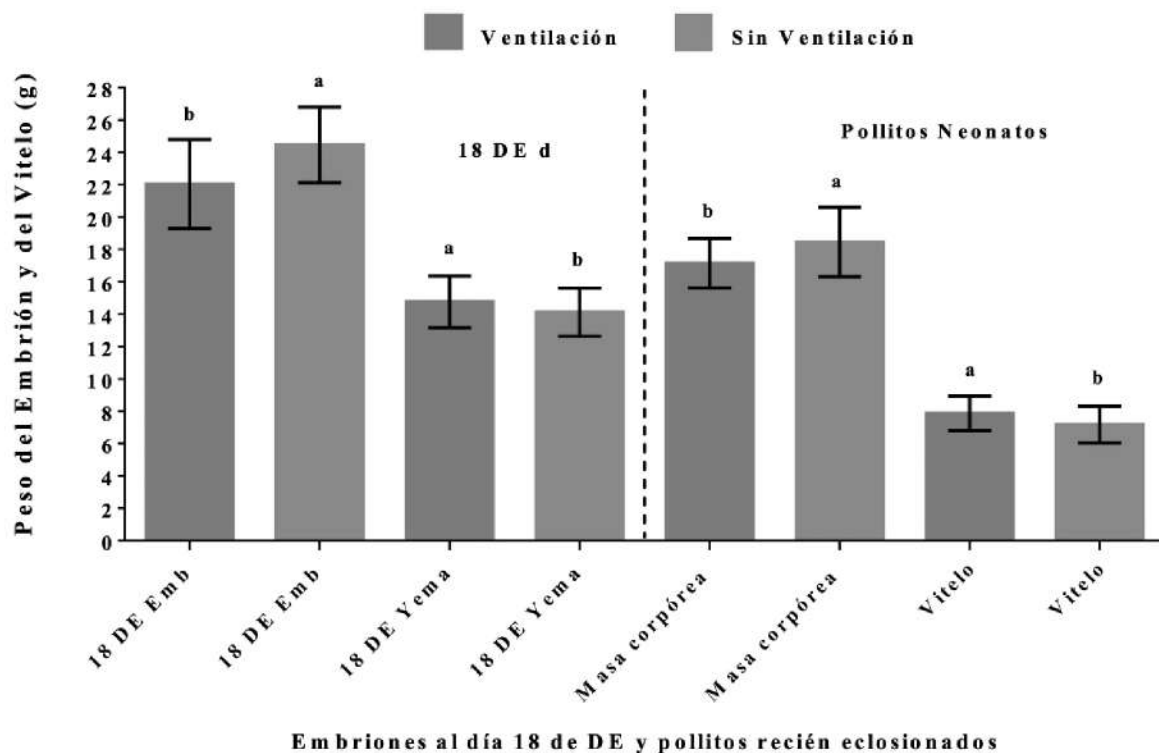


Figura 4

Efecto de la condición de no ventilación durante los primeros diez días de incubación a gran altitud sobre la masa del embrión libre de yema húmeda y la masa del saco vitelino húmedo a los 18 días de desarrollo embrionario y en el pollito eclosionado (día 18 del DE, n=25; pollitos de un día de edad, n=40).

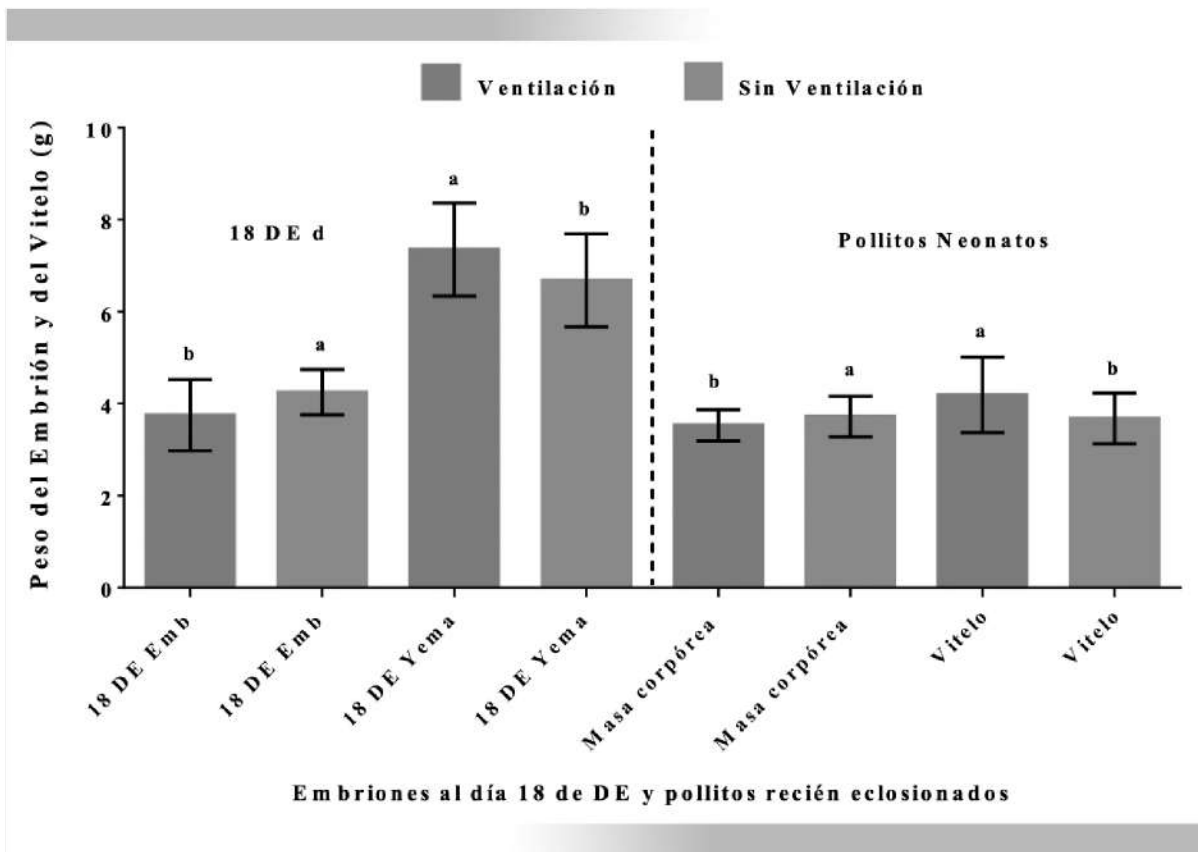


Figura 5

Efecto de la no ventilación durante los primeros diez días de incubación a gran altitud sobre la masa embrionaria libre de yema seca y la masa seca del saco vitelino a los 18 días de desarrollo embrionario y al momento de la eclosión (día 18 del DE, n=25; pollitos de un día de edad, n=40).



Los corazones de los embriones en el grupo NV fueron significativamente más pesados ($P < 0,05$) que los del grupo V desde los días 12 a 16 de DE, así como también en los pollitos recién eclosionados (Tabla 6). Al día 18 de desarrollo embrionario, no hubo diferencias en el peso del corazón entre los grupos. Sin embargo, el hígado fue significativamente más pesado ($P < 0,05$) en el grupo NV comparado con los del grupo V desde el día 12 hasta el día 18 de DE, incluyendo también a los pollitos neonatos evaluados (Tabla 6).

Quality features	Ventilada (g)	Sin-Ventilar * (g)
Peso del corazón al día 12 DE Ψ	0.054 $\pm$ 0.01 ^{B **}	0.067 $\pm$ 0.01 ^{A**}
Peso del hígado al día 12 DE Ψ	0.089 $\pm$ 0.03 ^B	0.107 $\pm$ 0.05 ^A
Peso del corazón al día 14 DE Ψ	0.091 $\pm$ 0.02 ^A	0.125 $\pm$ 0.02 ^A
Peso del hígado al día 14 DE Ψ	0.194 $\pm$ 0.09 ^B	0.220 $\pm$ 0.05 ^A
Peso del corazón al día 16 DE Ψ	0.120 $\pm$ 0.02 ^A	0.140 $\pm$ 0.02 ^A
Peso del hígado al día 16 DE Ψ	0.300 $\pm$ 0.09 ^B	0.320 $\pm$ 0.05 ^A
Peso del corazón al día 18 DE Ψ	0.240 $\pm$ 0.02	0.240 $\pm$ 0.02
Peso del hígado al día 18 DE Ψ	0.420 $\pm$ 0.09 ^B	0.530 $\pm$ 0.10 ^A
Peso del corazón en los pollitos Ψ	0.320 $\pm$ 0.05 ^B	0.350 $\pm$ 0.05 ^A
Peso del hígado en los pollitos Ψ	0.900 $\pm$ 0.05 ^B	0.950 $\pm$ 0.05 ^A

* Condición de incubadora hermética lograda mediante cinta de Polipropileno Tuk® (P) durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario.

** Las medias ($\pm$ DE) dentro de la misma fila sin una letra superíndice común son significativamente diferentes (P <0.05).

Ψ n= 20 embriones/grupo Φ n= 40 pollitos/grupo.

Tabla 6

Peso del corazón e hígado de embriones y pollitos de engorda recién nacidos incubados a gran altura según condiciones ventiladas y no ventiladas durante los primeros diez días de desarrollo embrionario.



Índice de calidad de los pollitos recién nacidos

Utilizando la metodología planteada ninguno de los pollitos evaluados recibió una puntuación de calidad excelente y, si bien se observó una ligera tendencia hacia una muy buena calidad en los pollitos del grupo NV, finalmente no hubo diferencias significativa entre ambos grupos (**Tabla 5**). El 47.89 % de los pollitos nacidos en la condición NV de incubación recibieron una puntuación media de calidad, un porcentaje mayor (P<0.05) al 20.83% observado en el grupo control V (**Tabla 5**). El grupo de control V mostró una cantidad significativamente mayor (P<0.05) de pollitos de calidad deficiente (48.61%) y fuera de clasificación (6.25%) en comparación con los pollitos del grupo NV (20.63% y 2.50% respectivamente).

4.0 Discusión

La disminución de la incubabilidad observada en el grupo V estándar podría atribuirse a las

elevadas tasas de mortalidad embrionaria media y tardía, así como a la mayor cantidad de pollitos picados no eclosionados. En contraste al grupo NV, el cual mostró una mortalidad embrionaria significativamente reducida durante las dos últimas etapas de desarrollo embrionario. El grupo NV mostró un mayor peso de los embriones desde el décimo día de desarrollo embrionario hasta la eclosión, lo que indica un DE más robusto que el observado en los embriones del grupo control V.

De acuerdo a Willemsen et al. (2008), los embriones que sobreviven a una condición NV temprana exhiben mejores condiciones fisiológicas que les permiten acelerar su propio DE, lo cual es consistente con los patrones de heterocaricidad planteados por Spicer y Burggren (2003).

“Los embriones en la condición NV que sobrevivieron a la etapa media de desarrollo embrionario **podrían haber alcanzado una etapa morfofisiológica más avanzada** en comparación con los embriones de la condición V (De Smit et al., 2006).”.

Si bien los niveles de CO₂ experimentados por los embriones del grupo NV fueron muy elevados al inicio de la etapa embrionaria media, estos no fueron tan perjudiciales como antes se consideraba podrían llegar a serlo (Bruggeman et al., 2007; Everaert et al., 2010). De esta manera se apoya la idea de la tolerancia fisiológica del embrión a un incremento posterior mayor de CO₂ durante las últimas etapas del DE (Bruggeman et al., 2007; Everaert et al., 2010). Diferentes grupos de investigación han indicado que un aumento gradual de CO₂ del 0.8% al 1.5% durante la primera mitad de la incubación de las aves domésticas acelera el DE, mejora la condición morfofisiológica de los embriones y contribuye a una mayor incubabilidad y calidad de los pollitos eclosionados (De Smit et al, 2006, Bruggeman et al, 2007; García et al., 2013; Fernandes et al., 2014; Okur et al., 2022; Fares et al., 2023; Juárez-Estrada et al., 2024). Bruggeman et al. (2007) al evaluar las condiciones de hipercapnia (NV) en la primera mitad de la incubación, observaron un crecimiento embrionario acelerado, mayor peso del embrión, eclosión más rápida y mejor calidad de los pollitos neonatos. Estos hallazgos son similares a los resultados obtenidos en nuestro grupo NV. Aunque los resultados de Bruggeman et al. (2007) no mostraron una mejora significativa en la incubabilidad ni una disminución en la tasa de mortalidad embrionaria total, algo que si pudimos constatar en nuestro estudio. Las razones de la inconsistencia en la mejora de los parámetros de incubabilidad observados en los estudios con incremento de CO₂ durante la incubación temprana de las aves, aún no se encuentran dilucidadas de manera satisfactoria (De Smit et al, 2008; Bruggeman et al, 2007; García et al., 2013; Okur, 2019; El-Hanoun et al., 2019; Özlü et al., 2019; Fares et al., 2023). Los efectos positivos de una condición temprana de NV sobre la incubabilidad pueden probablemente atribuirse a factores bióticos como el genotipo y la edad del lote reproductor, y abióticos como la altitud del sitio de incubación, en lugar de atribuirse únicamente a una mayor o menor concentración incrementada de CO₂ (0.8-1.5%) durante la primera mitad del período de incubación, lo cual complica el análisis certero de este efecto en los diversos estudios realizados (De Smit et al, 2006; 2008; García et al., 2013; Fernandes et al., 2017; El-Hanoun et al., 2019; Okur et al., 2022; Bilalissi et al., 2022; Fares et al., 2023; Juárez-Estrada, et al., 2024). La concentración de 0.88% de CO₂ alcanzada en nuestro grupo NV durante la primera mitad de la incubación a gran altitud, comparada con la registrada en el grupo V de control durante el mismo periodo, resultó en un aumento de diversos beneficios, incluido un DE más acelerado, mayor incubabilidad y mayor peso corporal y calidad general de los pollitos de engorda neonatos. Lo reportado aquí es consistente con las observaciones hechas por De Smit et al. (2006), quienes aplicaron una incubación NV en embriones de reproductoras de pollo de engorde de 60 semanas de edad, logrando una concentración de CO₂ (1.0%) similar a la de nuestro grupo NV. De Smit et al (2006) documento una mayor incubabilidad y mayor peso de los embriones del día 10 al 17 de DE, en comparación con su grupo V

convencional. En la condición de NV, la masa corporal del embrión libre de yema superó consistentemente a la masa corporal de los embriones del grupo V durante todo el período de incubación. De manera similar, el peso de la masa embrionaria desecado libre de yema mostró un patrón similar durante casi todo el período experimental. La incubación con el protocolo de NV resultó en mayor crecimiento embrionario y una mayor utilización de las reservas de energía primaria, particularmente del saco vitelino. A partir del décimo día de DE a medida que aumentó el peso del embrión, hubo una correspondiente disminución en el volumen y peso del saco vitelino. La masa embrionaria libre de yema sirve como un mejor indicador del desarrollo del pollo de engorda después de la eclosión en comparación al peso corporal total del embrión debido a que este último incluye el peso de la yema residual aún no metabolizada (Uni and Ferket, 2005; Wolanski et al., 2006). De acuerdo a Wolanski et al. (2006), existe correlación entre el peso húmedo y el peso seco del saco vitelino en comparación con el embrión, un patrón que coincide exactamente con nuestros hallazgos en el grupo NV. El desarrollo embrionario acelerado observada en el grupo NV indica la capacidad de estos embriones para crecer más rápido en condiciones de hipercapnia e hipoxia relativa durante la primera mitad del DE. Estas condiciones ambientales aplicadas en el grupo NV pueden contribuir a optimizar el crecimiento y la funcionalidad de la membrana corioalantoidea (CAM) (Chan y Burggren, 2005; Bruggeman et al, 2007; Fernandes et al., 2017). La estimulación temprana para mejorar el desarrollo y la funcionalidad de la CAM podría conducir a una mejor absorción de O_2 durante la fase exponencial del DE inmediatamente después del día 10 de incubación (fase normotérmica y exotérmica del DE). Esto podría explicar los efectos benéficos que la hipercapnia e hipoxia relativa temprana muestran en las últimas etapas del DE observadas en nuestro grupo NV, potencialmente mejorando la tasa de suministro de energía desde el saco vitelino a través de procesos bioquímicos como la β -oxidación de ácidos grasos y gluconeogénesis (Uni and Ferket, 2004; Uni et al., 2005; Chan y Burggren, 2005; Everaert et al., 2011; Sahan et al., 2014; Fernandes et al., 2017). Durante la incubación natural, a medida que avanza el DE, se observa un aumento en la concentración de CO_2 de 0.04 % a 0.5 %, acompañado de una disminución en los niveles de O_2 de 20,9% a 20.3 % (Walsberg, 1980). De manera similar, en el presente estudio se observó un patrón de disminución de O_2 durante los primeros 10 días del DE. En el grupo NV, el O_2 disminuyó del 19.8% al 19.5%, mientras que el grupo V no experimentó ninguna disminución. Rahn et al. (1977) observaron que, durante la incubación en el nido, los niveles de gas no son fijos y normalmente varían a medida que avanza el DE. Las gallinas en este caso juegan un papel crítico en la regulación de la temperatura ambiental del nido monitoreando frecuentemente la temperatura de los huevos. Una vez que los embriones alcanzan una etapa en la que pueden generar su propio calor metabólico de forma autónoma, las gallinas reproductoras tienden a abandonar el nido con mayor frecuencia para beber y alimentarse, especialmente después de la fase endotérmica de los embriones (1-10 días de incubación) (Scanes y Dridis, 2021). Al abandonar el nido con mayor frecuencia, las gallinas reproductoras facilitan una mayor ventilación, lo que mejora la eliminación de CO_2 y aumenta el suministro de O_2 alrededor de los huevos en el nido. Este proceso progresivamente continúa hasta la eclosión (Rahn et al., 1977; Walsberg, 1980; Scanes y Dridis, 2021). Los embriones del grupo NV consistentemente mostraron mayor peso que los del grupo V. Willemsen et al. (2008) observaron que el peso de los pollitos al nacer exhibe significativamente el mayor valor de predicción para el desempeño post-nacimiento, incluso más que la medición de la longitud total del pollito cuando se consideraba ésta como la única medida predictiva. En el presente estudio, el grupo NV registró los mayores pesos para los pollitos de un día de edad. Sin embargo, no hubo diferencias en la longitud de los pollitos de un día de edad entre ambos grupos. Los estudios realizados por Wolanski et al. (2006, 2007) indicaron que la longitud del pollito tenía una correlación con la masa corporal libre de yema al nacer ($r = 0.56$). Sin embargo, algunos otros autores han expresado dudas con respecto a la utilidad de la longitud total del pollito como un indicador significativo de calidad (Deeming, 2005; Willemsen et al., 2008). El protocolo de NV temprana permitió obtener embriones sin yema más pesados junto con un peso del saco vitelino progresivamente más ligero, un fenómeno previamente ya informado por varios grupos de investigación (Christensen et al., 2005; De Smit et al., 2006; Wolanski et al., 2006; Bruggeman et al., 2007; García et al., 2013; Juárez Estrada et al., 2024). Esto puede atribuirse a una mayor actividad metabólica temprana del embrión, particularmente en la formación de tejidos, y a la completa satisfacción de los requerimientos energéticos requeridos para su propio desarrollo (Uni and Ferket, 2004; Uni et al., 2005; Lourens et al., 2005; Sato et al., 2006; van der Wagt et al., 2020). El peso y volumen del saco vitelino residual sirven como medidas tanto de la energía fija invertida en el huevo (tamaño de yema) como de la energía utilizada por el embrión durante su propio desarrollo (Uni et al., 2005; Sato et al., 2006; Sahan et al., 2014; van der Wagt et al., 2020). De acuerdo a Moran

(2007), a partir del día 12 del DE, el aumento de masa corporal libre de yema presenta una correlación negativa con el peso del saco vitelino. Los embriones del grupo NV exhibieron una proporción relativamente pequeña de saco vitelino comparada con la masa embrionaria sin yema, lo que sugiere que los pollitos de este grupo podrían haber madurado antes que los del grupo V. Adicional a exhibir una tendencia creciente de la masa embrionaria sin yema, los embriones NV supervivientes mostraron mayor peso del corazón y el hígado en comparación con los del grupo V. El aumento observado en el hígado y el músculo coroporal en embriones NV a los 18 días de DE sugiere un mayor almacenamiento de glucógeno, lo que indica un DE más robusto, como sugirió previamente Druyan (2010). El almacenamiento de glucógeno en el hígado y músculos es vital para alimentar los procesos de “picaje” y para eclosión, además de servir como la principal fuente de energía hasta que el pollito recién nacido pueda acceder a alimentos externos (Christensen et al., 2001; Uni y Ferket, 2004; Uni et al., 2005). La incubación temprana con NV no solo genera perfiles óptimos de CO₂ y O₂ sino que también promueve una temperatura constante a nivel del cascarón del huevo (EST). Este efecto combinado contribuye a lograr un DE óptimo y un rápido crecimiento del pollito después de la eclosión (Lourens et al., 2005; Willemsem et al., 2011; Ipek et al., 2014). El crecimiento posterior a la eclosión y la función de los órganos pueden verse afectados si la tasa de crecimiento durante el DE se desvía de la EST óptima (Lourens et al., 2005; Molenaar et al., 2010; Maatejens et al., 2014; Sgavioli et al., 2016; Sözkü et al., 2022). La incubación NV ayuda a mitigar las oscilaciones de temperatura producidas por el intercambio forzado de aire fresco desde el exterior, lo que se observa comúnmente en la incubación V estándar (García et al., 2013; Ahmed et al., 2013; Boleli et al., 2016; Sözkü et al., 2022). La incubación NV garantiza un ambiente térmico equilibrado durante la primera mitad de la incubación (García et al., 2013; Maatejens et al., 2014). Este método de ventilación se aplica específicamente durante la fase de crecimiento más crítica del DE (1 a 10 días del DE), donde es crucial mantener un EST constante y cálida (Lourens et al., 2005; Molenaar et al., 2010; Maatejens et al., 2014; Boleli et al., 2016; Scanes and Dridis, 2021; Sözkü et al., 2022). De hecho, el aire húmedo transfiere el calor de manera más eficiente que el aire seco (Boleli et al., 2016). Por lo tanto, restringir la ventilación durante los primeros 10 días del DE crea un ambiente uniforme y cálido. Esto es particularmente crítico, especialmente en altitudes elevadas donde el aire es seco y frío (Ahmed et al., 2013; García et al., 2013; Boleli et al., 2016; Okur et al., 2022; Juárez-Estrada et al., 2024). Una sola exposición a un entorno específico durante el crecimiento embrionario temprano puede tener consecuencias a largo plazo en la vida de las aves (Spicer y Burggren, 2003; De Smit et al., 2008; Boleli et al., 2016; Sözkü et al., 2022). En el presente estudio, la condición NV contribuyó a optimizar las etapas posteriores de desarrollo de embriones que estuvieron expuestos tempranamente a hipercapnia e hipoxia relativa. Algunos grupos de investigación han sugerido que la elevada concentración de CO₂ durante las primeras etapas del DE puede ejercer una influencia específica sobre el pH de la albúmina (Bruggeman et al., 2007; Reijrink et al., 2008; Everaert et al., 2011; Burggren et al., 2012; Özlü et al., 2019). La afectación del pH de la albúmina se atribuye a una regulación positiva temprana en la expresión de enzimas dependientes del pH, como la anhidrasa carbónica, que juega un papel importante en las primeras etapas del DE (Everaert et al., 2011). La hipercapnia temprana juega un papel importante en la aceleración de la rotura de las membranas chalazíferas, lo que lleva a una rápida pérdida de dureza tanto en la fase densa como acuosa de la albúmina (Sadler et al., 1954). Adicionalmente, se ha observado que la hipercapnia temprana promueve la formación de líquido subembrionario (SEF) durante las etapas iniciales del DE (Latter y Baggot, 2002). Este fenómeno podría potencialmente contribuir a mejorar el DE temprano y, mejorar posteriormente los resultados de incubabilidad. Algunos de los factores importantes que influyen en el pH de la albúmina, la degradación de las membranas chalazíferas y la óptima formación de SEF son el genotipo, la edad del lote de aves reproductoras y la duración del almacenamiento de los huevos. Las interacciones entre estas variables factiblemente explican la variabilidad de los efectos de la hipercapnia temprana reportada en diferentes estudios, lo que pudo haber conducido en algunos casos a resultados controversiales (De Smith et al., 2006; Juárez-Estrada et al., 2024). Se espera que futuros estudios revelen con mayor precisión los mecanismos exactos por los cuales el CO₂ modifica el DE temprano. Mientras tanto, es esencial el desarrollo de nuevos programas de incubación que consideren concentraciones óptimas de O₂ y CO₂ durante etapas específicas del DE en aves de diferente genotipo y edad.

5.0 Conclusión

El ambiente gaseoso, particularmente la concentración elevada de dióxido de carbono durante períodos críticos de la incubación a gran altitud, mejora significativamente el desarrollo embrionario, la calidad y el peso corporal de los pollitos de engorda de un día de edad. La incubación de huevos fértiles con niveles elevados de CO₂ durante los primeros 10 días de desarrollo embrionario en grandes altitudes resultó en una incubabilidad 10 % mayor en comparación con el grupo ventilado de manera estándar.

“

Este método ofrece una estrategia eficaz para mejorar tanto la incubabilidad como la calidad de los pollitos recién nacidos en incubadoras ubicadas a gran altitud.

6.0 Referencias

1. Mortola, J. P., Al Awam, K. (2010). Growth of the chicken embryo: Implications of egg size. *Comp Bioch and Physiol: Part A;: Mol & Integr Physiol*, 156(4), 373-379. doi: 10.1016/j.cbpa.2010.03.011.
2. Cooper, C. B., Voss, M. A., Ardia, D. R., Austin, S. H., Robinson, W. D. (2011). Light increases the rate of embryonic development: implications for latitudinal trends in incubation period. *Function Ecol*, 25(4), 769-776. doi: 10.1111/j.1365-2435.2011.01847.x.
3. Ho, D.H., Reed, W.L., Burggren, W.W. (2011). Egg yolk environment differentially influences physiological and morphological development of broiler and layer chicken embryos. *J Exp Biol*. 214, 619-628. doi: 10.1242/jeb.046714.
4. Bilalissi, A., Meteyake, H. T., Kouame, Y. A. E., Oke, O. E., Lin, H., Onagbesan, O., et al. (2022). Effects of pre-incubation storage duration and non ventilation incubation procedure on embryonic physiology and post-hatch chick performance. *Poult Sci*, 101(5), 101810. doi: 10.1016/j.psj.2022.101810.
5. Bednarczyk, M., Dunislawska, A., Stadnicka, K., Grochowska, E. (2021). Chicken embryo as a model in epigenetic research. *Poult Sci*, 100(7), 101164. doi: 10.1016/j.psj.2021.101164.
6. Juárez-Estrada, M. A., López-Ruiz, E. I., López-Cordova, S., Tellez-Isaias, G., Prado-Rebolledo, O. F. (2024). Increased CO₂ levels during the first half of incubation at high altitude modifies embryonic development of fertile Leghorn breeder eggs. *Food Nutr Sci*, 15(7), 524-547. doi: 10.4236/fns.2024.157035:
7. Molenaar, R., Reijrink, I.A.M., Meijerhof R. Van den Brand, H. (2010). Meeting embryonic requirements of broilers throughout incubation: A review. *Braz J Poult Sci*, 12:(3), 137-148. doi:

8. Boleli, I. C., Morita, V. S., Matos Jr, J. B., Thimotheo, M., Almeida, V. R. (2016). Poultry egg incubation: integrating and optimizing production efficiency. *Braz J Poult Sci*, 18, 1-16. doi: 10.1590/1806-9061-2016-0292.
9. De Smit, L., Bruggeman, V., Tona J.K., Debonne, M., Onagbesan, O., Arckens, I., et al. (2006). Embryonic developmental plasticity of the chick: Increased CO₂ during early stages of incubation changes the developmental trajectories during prenatal growth. *Comp Bioch and Physiol: Part A, Mol Integr Physiol*. 145,166-175. doi: 10.1016/j.cbpa.2006.06.046.
10. Everaert, N., Kamers, B., Witters, A., De Smit, L., Debonne, M., Decuypere, E., Bruggeman, V. (2007). Effect of four percent carbon dioxide during the second half of incubation on embryonic development, hatching parameters, and posthatch growth. *Poult Sci*, 86(7), 1372-1379. doi: 10.1093/ps/86.7.1372.
11. Tona, K., Voemesse, K., N'nanlé, O., Oke, O.E., Kouame, Y.A.E., Bilalissi, A., et al. (2022). Chicken incubation conditions: role in embryo development, physiology and adaptation to the post- hatch environment. *Front. Physiol*. 13:895854. doi: 10.3389/fphys.2022.895854.
12. Spicer, J. I., Burggren, W. W. (2003). Development of physiological regulatory systems: altering the timing of crucial events. *Zoology*, 106(2), 91-99. doi: 10.1078/0944-2006-00103.
13. Rundle, S. D., Spicer, J. I. (2016). Heterokairy: a significant form of developmental plasticity?. *Biology Letters*, 12(9), 20160509. doi: 10.1098/rsbl.2016.0509.
14. Blacker, H. A., Orgeig, S., Daniels, C. B. (2004). Hypoxic control of the development of the surfactant system in the chicken: evidence for physiological heterokairy. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287(2), R403-R410. doi 10.1152/ajpregu.00399.2003.
15. Ar, A., Deeming, D. C. (2009). Roles of water and gas exchange in determining hatchability success. *Avian Biol Res*, 2(1-2), 61-66. doi 10.3184/175815509x431830.
16. Mortola, J. P. (2009). Gas exchange in avian embryos and hatchlings. *Comp Bioch A Mol Integr Physiol*. 153(4), 359-377. doi: 10.1016/j.cbpa.2009.02.041.
17. Hassanzadeh, M., Fard, M. B., Buyse, J., Bruggeman, V., Decuypere, E. (2004). Effect of chronic hypoxia during embryonic development on physiological functioning and on hatching and post-hatching parameters related to ascites syndrome in broiler chickens. *Avian Pathology*. 33(6), 558-564. doi: 10.1080/03079450400013188.

18. Chan, T., Burggren, W. (2005). Hypoxic incubation creates differential morphological effects during specific developmental critical windows in the embryo of the chicken (*Gallus gallus*). *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 145:(2-3), 251-263. doi: 10.1016/j.resp.2004.09.005.
19. Tintu, A., Rouwet, E., Verlohren, S., Brinkmann, J., Ahmad, S., Crispi, F., et al. (2009). Hypoxia induces dilated cardiomyopathy in the chick embryo: mechanism, intervention, and long-term consequences. *PloS one*, 4(4), e5155. doi: 10.1371/journal.pone.0005155.
20. Sharma, S. K., Lucitti, J. L., Nordman, C., Tinney, J. P., Tobita, K., Keller, B. B. (2006). Impact of hypoxia on early chick embryo growth and cardiovascular function. *Pediatr Res*, 59(1), 116-120. doi: 10.1203/01.pdr.0000191579.63339.90.
21. Haron, A., Ruzal, M., Shinder, D., Druyan, S. (2021). Hypoxia during incubation and its effects on broiler's embryonic development. *Poult Sci*, 100(3), 100951. doi: 10.1016/j.psj.2020.12.048.
22. Galli, G.L.J., Lock, M.C., Smith, K.L.M., Giussani, D.A., Crossley, D.A. (2023). Effects of developmental hypoxia on the vertebrate cardiovascular system. *Physiol*, 38, 53–62. doi: 10.1152/physiol.00022.2022.
23. García, H.J., Juárez E.M.A., López, C.S., (2013). Gradual increase of CO₂ during first stages of incubation with late change of O₂ partial pressure, modifies the hatch trajectory of broiler chicks. *Vet Mex*, 44(1), 1-16.
24. Visschedijk, A. H. J. (1991). Physics and physiology of incubation. *Br Poult Sci*, 32(1), 3-20. doi: 10.1080/00071669108417323
25. Ahmed, M., Biswas, A., Roy, B.G., Srivastava, R.B. (2013). Frequently encountered problems during hatching in cold arid high altitude regions such as Ladakh in India: causes and remedies. *World's Poultry Science Journal*. 69(4):897-901. doi: 10.1017/S0043933913000895.
26. Okur, N., Eratalar, S.A., Yigit, A.A., Kutlu, T., Kabakci, R., Ozsoy S.Y. (2022). Effects of incubator oxygen and carbon dioxide concentrations on hatchability of fertile eggs, some blood parameters, and histopathological changes of broilers with different parental stock ages in high altitude. *Poultry Science*. 101:101609. doi: 10.1016/j.psj.2021.101609.
27. Beker, A., Vanhooser, S. L., Teeter, R. G. (1995). Effect of oxygen level on ascites incidence and performance in broiler chicks. *Avian Diseases*. 39;(2), 285-291. doi: 10.2307/1591869.
28. Okur, N. (2019). Effects of incubator carbon dioxide and oxygen levels, and egg weight on broilers' hatchability of fertile eggs. *Braz J Poult Sci*, 21(3):1-7. doi: 10.1590/1806-9061-2019-1038.

29. Villamor, E., Kessels, C.G.A., Ruijtenbeek, K., van Suylen, R.J., Belik, J. de Mey J.G.R., et al. (2004). Chronic in ovo hypoxia decreases pulmonary arterial contractile reactivity and induces biventricular cardiac enlargement in the chicken embryo. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287: (3), 642-651. doi: 10.1152/ajpregu.00611.2003.
30. Sahan, Ü., İpek, A., Yilmaz-Dikmen, B., Aydın, C. Kederli, E. (2011) Effect of oxygen supplementation in the hatcher at high altitude on the incubation results of broiler eggs laid at low altitude, *B Poult Sci*, 52:3, 388-394, doi: 10.1080/00071668.2011.578122.
31. Yilmaz-Dikmen, B., Sahan, U., İpek, A., Aydın, C., Kederli, E. (2014). Effect of oxygen supplementation in a hatchery at high altitude and growth performance of broiler reared at low altitude. *S Afr J Anim*, 44:(4) 350-359. doi: 10520/EJC163898.
32. Cobb. Cobb hatchery management guide [publication L-1030-03]. Arkansas: Cobb-Vantress; 2013.
33. Fares, W.A., Ahmed, M.R.M., Rizk, R.E., Shahein, E.H.A., Boutrous, N.G., El-Sabrou, K., (2023) Influence of non-ventilating intervals during early incubation stage on egg hatching process. *Vet World*, 16:(7): 1534-1540. doi: 10.14202/vetworld.2023.1534-1540.
34. Fernandes, J.I.M., Bortoluzzi, C., Schmidt, J.M., Scapini, L.B., Santos, T.C., Murakami, A.E. (2017). Single stage incubators and hypercapnia during incubation affect the vascularization of the chorioallantoic membrane in broiler embryos. *Poultry Science*. 96: 220-225. doi: 10.3382/ps/pew274.
35. De Smit, L., Bruggeman, V., Debonne, M., Tona, J. K., Kamers, B., Everaert, N., Decuypere, E. (2008). The effect of nonventilation during early incubation on the embryonic development of chicks of two commercial broiler strains differing in ascites susceptibility. *Poultry Science*, 87(3), 551-560. doi: 10.3382/ps.2007-00322.4
36. Willemsen, H., Everaert, N., Witters, A., De Smit, L., Debonne, M., Verschuere, F. et al. (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poult Sci*, 87: (11), 2358-2366. doi: 10.3382/ps.2008-00095.
37. El-Hanoun, A., El-Sabrou, K., Abdella, M., Eid, M. (2019). Effect of carbon dioxide during the early stage of duck egg incubation on hatching characteristics and duckling performance. *Physiol Behav.* 208, 112582. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.112582.
38. Özlü, S., Uçar, A., Banwell, R., Elibol, O. (2019). The effect of increased concentration of carbon dioxide during the first 3 days of incubation on albumen characteristics, embryonic mortality and hatchability of broiler hatching eggs. *Poult Sci*. 98:(2), 771-776. doi: 10.3382/ps/pey464.
39. Willemsen, H., Li, Y., Willems, E., Franssens, L., Wang, Y., Decuypere, E., et al. (2011). Intermittent thermal manipulations of broiler embryos during late incubation and their immediate effect on the

embryonic development and hatching process. *Poult Sci*, 90:(6), 1302-1312. doi: 10.3382/ps.2011-01390.

40. Tona, K., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Bruggeman, V., Moraes, V. M. B, Buyse, J., et al. (2003). Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. *Poult Sci*, 82:(5), 736-741. doi: 10.1093/ps/82.5.736.
41. Tona, K., Onagbesan, O. M., Jago, Y., Kamers, B., Decuypere, E., Bruggeman, V. (2004). Comparison of embryo physiological parameters during incubation, chick quality, and growth performance of three lines of broiler breeders differing in genetic composition and growth rate. *Poult Sci*, 83:(3), 507-513. doi: 10.1093/ps/83.3.507.
42. Wolanski, N. J., Renema, R. A., Robinson, F. E., Carney, V. L., Fancher, B. I. (2006). Relationship between chick conformation and quality measures with early growth traits in males of eight selected pure or commercial broiler breeder strains. *Poult Sci*, 85:(8), 1490-1497. doi: 10.1093/ps/85.8.1490.
43. Tona, K., Bruggeman, V., Onagbesana, O., Bamelis, F., Gbeassor, M., Mertens, K., et al. (2005). Day-old chick quality: Relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. *Avian and Poultry Biology Reviews*. 16:(2), 109-119. doi: 10.3184/147020605783438787.
44. Willemsen, H., Debonne, M., Swennen, Q., Everaert, N., Careghi, C., Han, H., et al. (2010). Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. *J World's Poult. Sci*, 66:(2), 177-188. doi: 10.1017/S0043933910000243.
45. Everaert, N., Willemsen, H., Hulikova, A., Brown, H., Decuypere, E., Swietach, P., et al. (2010). The importance of carbonic anhydrase II in red blood cells during exposure of chicken embryos to CO₂. *Respi Physiol Neurobiol*, 172:(3), 154-161. doi: 10.1016/j.resp.2010.05.007.
46. Fernandes, J.I.M., Bortoluzzi, C., Esser, A.F.G., Contini, J.P., Stokler, P.B., Faust, D. (2014). Performance of broilers submitted to high CO₂ levels during incubation combined with temperature fluctuations at late post-hatch. *Braz J Poult Sci*. 16:(3) 285-290. doi: 10.1590/1516-635x1603285-290.
47. Uni, Z., Ferket, P. R., Tako, E., Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science*. 84:(5), 764-770. doi: 10.1093/ps/84.5.764.
48. Uni, Z., Ferket, R. P. (2004). Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal*. 60:(1), 101-111. doi: 10.1079/WPS20038.
49. Sahan, U., Ipek, A., Sozcu, A. (2014). Yolk sac fatty acid composition, yolk absorption, embryo development, and chick quality during incubation in eggs from young and old broiler breeders.

50. Walsberg, G.E. (1980). The gaseous microclimate of the avian nest during incubation. *Am Zool*, 20: (2), 363-372. doi: 10.1093/icb/20.2.363.
51. Rahn, H., Carey, C., Balmas, K., Bhatia, B., Paganelli, C. (1977). Reduction of pore area of the avian eggshell as an adaptation to altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 74:(7), 3095-3098. doi: 10.1073/pnas.74.7.3095.
52. Scanes, C. G., Dridi, S. (Eds.). (2021). *Sturkie's avian physiology*. Academic Press.
53. Wolanski, N. J., Renema, R. A., Robinson, F. E., Carney, V. L., Fancher, B. I. (2007). Relationships among egg characteristics, chick measurements, and early growth traits in ten broiler breeder strains. *Poultry Science*. 86:(8), 1784-1792. doi: 10.1093/ps/86.8.1784.
54. Deeming, D. C. (2005). Yolk sac, body dimensions and hatchling quality of ducklings, chicks and poults. *B Poult Sci*, 46:(5), 560-564. doi: 10.1080/00071660500255042.
55. Christensen, V. L., Wineland, M. J., Ort, D. T., Mann, K. M. (2005). Eggshell conductance and incubator ventilation as factors in embryo survival and poultry quality. *Int. J. Poult. Sci*, 4, 818-826.
56. Lourens, A., Van den Brand, H., Meijerhof, R., Kemp, B. (2005). Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poult Sci*, 84:(6), 914-920. doi: 10.1093/ps/84.6.914.
57. Sato, M., Tachibana, T., Furuse, M. (2006). Heat production and lipid metabolism in broiler and layer chickens during embryonic development. *Comp Bioch and Physiol: Part A, Mol Integr Physiol*, 143: (3), 382-388. doi: 10.1016/j.cbpa.2005.12.019.
58. van der Wagt, I., de Jong, I. C., Mitchell, M. A., Molenaar, R., van Den Brand, H. (2020). A review on yolk sac utilization in poultry. *Poult Sci*, 99: (4), 2162-2175. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.041.
59. Moran Jr, E. T. (2007). Nutrition of the developing embryo and hatchling. *Poult Sci*, 86:(5), 1043-1049. doi: 10.1093/ps/86.5.1043.
60. Druyan, S. (2010). The effects of genetic line (broilers vs. layers) on embryo development. *Poult Sci*, 89:(7), 1457-1467. doi: 10.3382/ps.2009-00304.
61. Christensen, V. L., Wineland, M. J., Fasenko, G. M., Donaldson, W. E. (2001). Egg storage effects on plasma glucose and supply and demand tissue glycogen concentrations of broiler embryos. *Poult Sci*, 80:(12), 1729-1735. doi: 10.1093/ps/80.12.1729.

62. Ipek, A., Sahan, U., Baycan, S. C., Sozcu, A. (2014). The effects of different eggshell temperatures on embryonic development, hatchability, chick quality, and first-week broiler performance. *Poult Sci*, 93:(2), 464-472. doi: 10.3382/ps.2013-03336.
63. Maatjens, C. M., Reijrink, I. A. M., Molenaar, R., Van Der Pol, C. W., Kemp, B., Van Den Brand, H. (2014). Temperature and CO₂ during the hatching phase. I. Effects on chick quality and organ development. *Poult Sci*, 93:(3), 645-654. doi: 10.3382/ps.2013-03490.
64. Sgavioli, S., Santos, E. T., Domingues, C. H. F., Quadros, T. C. O., Castiblanco, D. M. C., Andrade-Garcia, G. M. et al. (2016). Effect of high incubation temperature on the blood parameters of layer chicks. *Braz J Poult Sci*, 18(2), 41-47. doi: 10.1590/1806-9061-2015-0095.
65. Sözcü, A., İpek, A., van den Brand, H. (2022). Eggshell temperature during early and late incubation affects embryo and hatchling development in broiler chicks. *Poult Sci*, 101(10), 102054. doi: 10.1016/j.psj.2022.102054.
66. Reijrink, I. A. M., Meijerhof, R., Kemp, B., Van Den Brand, H. (2008). The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *J World's Poult Sci*, 64:(4), 581-598. doi: 10.1017/S0043933908000214.
67. Everaert, N., Willemsen, H., Willems, E., Franssens, L., Decuypere, E. (2011). Acid-base regulation during embryonic development in amniotes, with particular reference to birds. *Resp Physiol Neurobiol*, 178: (1), 118-128. doi: 10.1016/j.resp.2011.04.023.
68. Burggren, W. W., Andrewartha, S. J., Tazawa, H. (2012). Interactions of acid-base balance and hematocrit regulation during environmental respiratory gas challenges in developing chicken embryos (*Gallus gallus*). *Resp Physiol Neurobiol*, 183:(2), 135-148. doi: 10.1016/j.resp.2012.06.011.
69. Sadler, W. W., Wilgus, H. S., Buss, E. G. (1954). Incubation factors affecting hatchability of poultry eggs: 2. Some effects of carbon dioxide upon morphogenesis. *Poult Sci*, 33:(6), 1108-1115. doi: 10.3382/ps.0331108.
70. Latter, G.V. Baggott, G.K. (2002). Role of carbon dioxide and ion transport in the formation of subembryonic fluid by the blastoderm of the Japanese quail. *B Poult Sci*, 43:(1), 104-116. doi: 10.1080/00071660120109944

Análisis de las prácticas de manejo asociadas a la mortalidad en los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda

RESUMEN

En la etapa de recepción de los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda se realiza la mayor parte del manejo, debido al desembarque de los animales, así como a la implementación de las prácticas zootécnicas y de sanidad, lo que puede impactar en la salud, productividad y bienestar animal. Este trabajo tuvo como objetivo analizar las prácticas de manejo asociadas a la mortalidad en los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda. El estudio se llevó a cabo en sistemas de producción del estado de Querétaro. La evaluación de las prácticas utilizadas durante la recepción se realizó mediante una lista de chequeo, durante los periodos de agosto-diciembre de 2022 y enero-mayo de 2023. Se encontró una incidencia de mortalidad de 0.75% en la etapa de recepción. Dentro de las prácticas que menos se realizan es la medición de la temperatura corporal y contar con un médico veterinario, es frecuente el uso de arreadores eléctricos, así como la ausencia de sombra en los corrales, además los corrales de recepción presentaban alta densidad de animales. Los resultados obtenidos en cuanto a la incidencia de mortalidad puede estar relacionados con las condiciones de las instalaciones, el personal y las prácticas que utilizan los sistemas de producción animal que se incluyeron en este estudio.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda comienzan al comprar y transportar a los animales desde el sitio de origen hasta el sistema de producción de destino. Posterior a su llegada, el proceso de engorda tiene una duración de aproximadamente 120 días y se puede dividir en cuatro etapas: la *recepción*, iniciación, transición y finalización (Jiménez-Trujillo et al., 2018; Shimada, 1986).

Con anterioridad se ha referido una mortalidad de 1.5% a 5% en este tipo de sistemas (Rumor et al., 2015; Vogel et al., 2015a). Algunas de las prácticas que se han reportado como puntos importantes para disminuir la mortalidad en los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda, son: brindar un periodo de descanso posterior a la llegada de los animales no mayor a 48 horas, la vacunación, desparasitación, metafilaxia, dosificación de vitaminas, el uso de registros y un plan de cuarentena para los animales enfermos (Bršić et al., 2018; Terrell et al., 2011; Wilson et al., 2017).

Sin embargo, la evaluación de las diferentes prácticas utilizadas durante la recepción de los bovinos, podría contribuir en la disminución de los efectos que comprometen la salud, la productividad y el bienestar animal. Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar las prácticas de manejo asociadas a la mortalidad en los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda.

METODOLOGÍA

Diseño y población de estudio

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo, durante los periodos: agosto- diciembre de 2022 y enero-mayo de 2023. Se analizaron treinta lotes de bovinos en etapa de recepción en sistema de producción en corral de engorda, ubicados en el estado de Querétaro.

Instrumentos de estudio

Se aplicó una lista de chequeo para describir las condiciones del transporte de los bovinos, las instalaciones de desembarque, las prácticas de gestión animal, las instalaciones de recepción y las técnicas empleadas para movilizar a los bovinos.

Los aretes de identificación de los bovinos fueron registrados durante su gestión en la etapa de recepción y se realizó su seguimiento cada semana, durante un periodo de 21 días. En la variable de mortalidad se incluyeron a los bovinos muertos, los que fueron sacrificados tempranamente o que por algún motivo no llegaron al final de la etapa de recepción.

Análisis estadístico

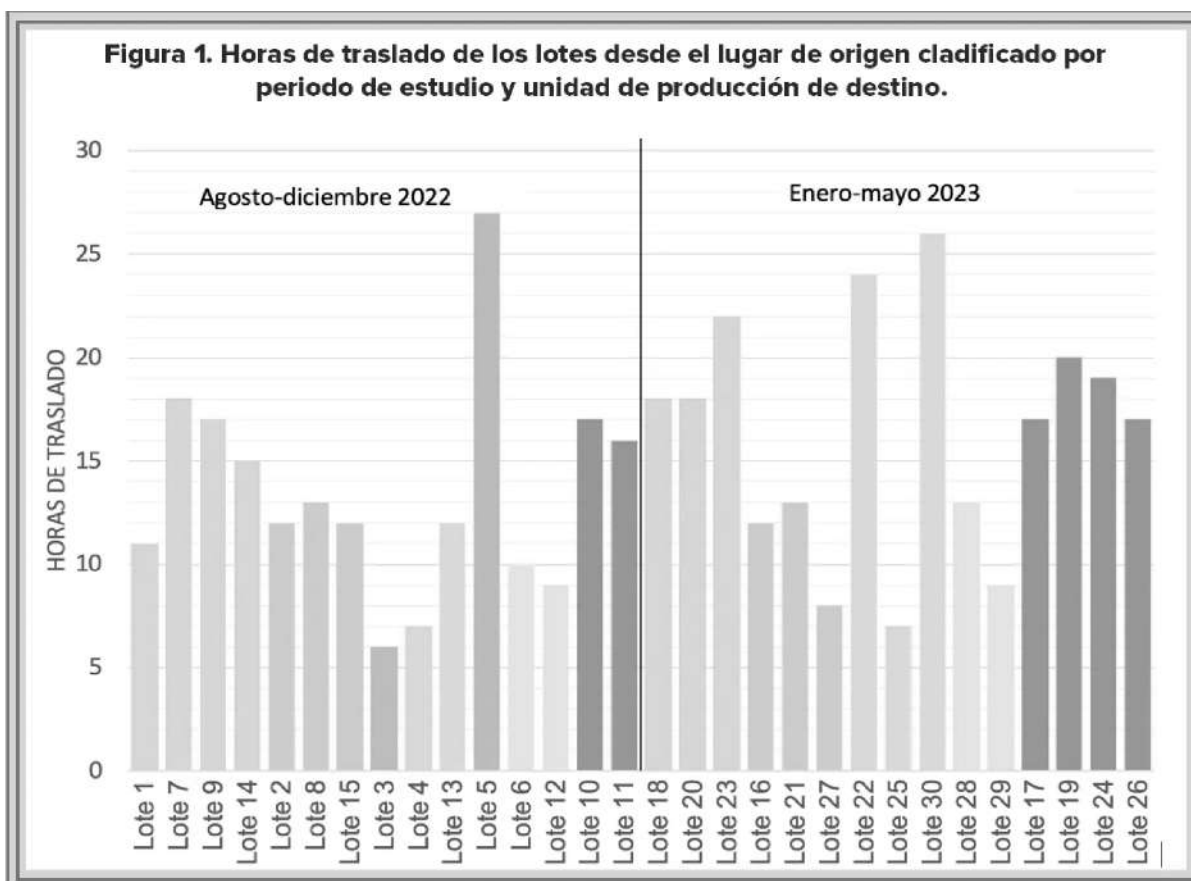
El análisis de los datos consistió en la descripción de las variables utilizando medidas de tendencia central, así como frecuencias absolutas y relativas. Los análisis estadísticos se hicieron con el software Stata 15[®].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la población de estudio

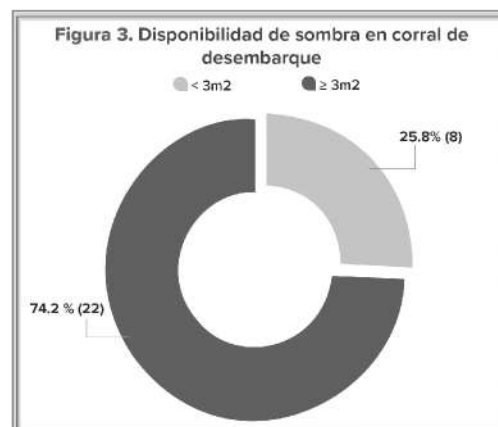
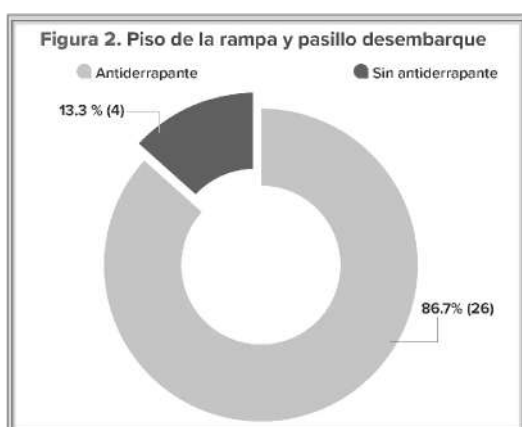
Se analizaron 30 lotes de ganado bovino con 2,263 animales, observando una mortalidad del 0.75% (n= 17 bovinos), de estos, siete estaban ubicados en el municipio de Ezequiel Montes y 23 en Tequisquiapan. La literatura ha referido tasas de mortalidad hasta el 18.2%, no obstante, la mortalidad puede variar por las diferencias climáticas, de las prácticas utilizadas por los productores, la presencia de brotes de enfermedades, entre otros. (Babcock et al., 2013; Rumor et al., 2015; Vogel et al., 2015b).

En este estudio se observó que el tiempo promedio de traslado de los bovinos fue de 15 horas (min. 6 horas - máx. 26 horas; DE 5.5 horas) (**Figura 1**). En México, la NOM-051-ZOO-1996: Trato humanitario en la movilización de animales, estipula que el tiempo de traslado de los bovinos debe ser máximo de 18 horas (SENASICA, 1996), lo que indica que algunos de los lotes incluidos en este estudio no cumplieron con lo establecido en la norma antes mencionada.

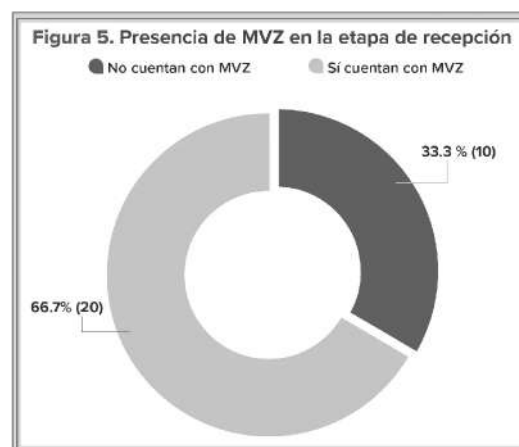
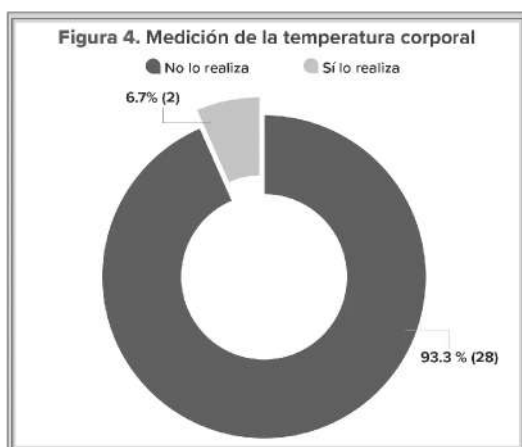


Respecto a las instalaciones de desembarque se observó que, el 86.7% (26/30) de los lotes se desembarcó en una rampa con piso antiderrapante (**Figura 2**). Se ha reportado que las rampas sin piso antiderrapante pueden incrementar los accidentes durante el descenso de los bovinos y provocar lesiones (Flint et al., 2014). Lo anterior debe ser considerado en los sistemas de producción en los que no cuentan con piso antiderrapante, debido a que podría retardar el proceso de engorda o representar una mortalidad.

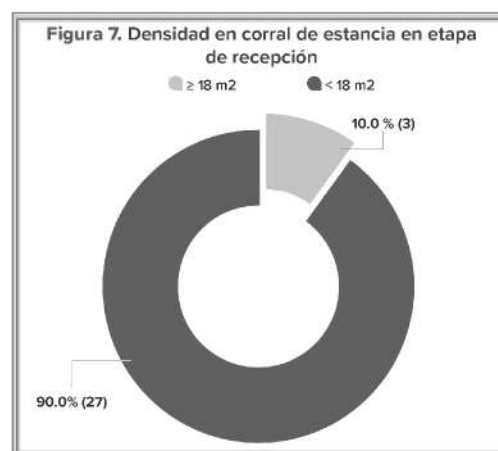
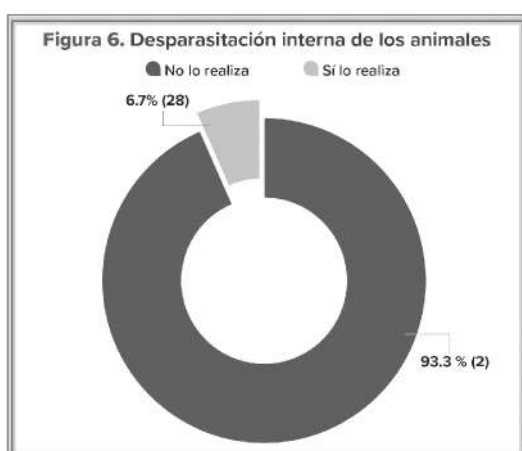
El 73.3% (22/30) de los lotes del estudio no tuvieron un espacio de sombra $\geq 3 \text{ m}^2$ por animal en los corrales de desembarque (**Figura 3**). Brown-Brandl (2018) menciona que las condiciones climáticas extremas pueden ocasionar estrés por calor en los bovinos, lo que puede resultar en efectos secundarios que pueden variar, pero pueden llegar hasta la muerte de los bovinos.



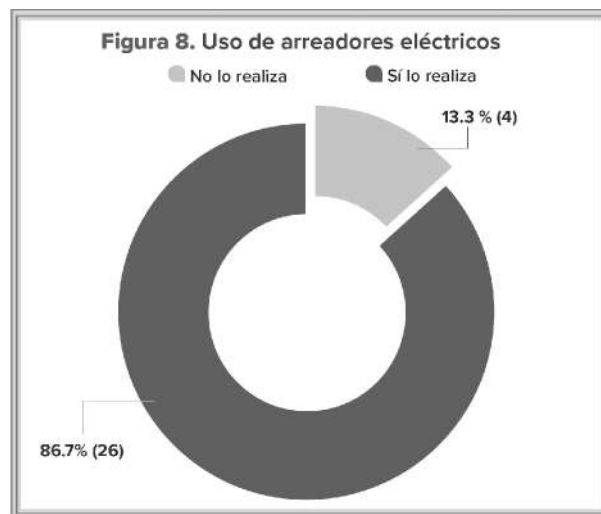
Con relación a las prácticas durante la gestión animal en la etapa de recepción, en el 93.3% (28/30) de los lotes no se midió la temperatura corporal de los bovinos (**Figura 4**). El médico veterinario zootecnista no estuvo presente durante el manejo de los animales en el 23.3% (7/30) de los lotes del estudio (**Figura 5**). En el 6.7% (2/28) de los lotes no se realizó la desparasitación interna de los animales (**Figura 6**). Sin embargo, en otras investigaciones se ha reportado que la medición de la temperatura corporal permite identificar a los bovinos enfermos, así como tomar medidas preventivas para disminuir la transmisión de enfermedades, lo que puede impactar positivamente en la salud animal (Gody? et al., 2019). Debido a lo anterior, es recomendable la presencia de un médico veterinario que asesore este proceso para la implementación de prácticas como la medición de la temperatura corporal y la desparasitación de los bovinos.



En el 90.0% (27/30) de los lotes del estudio se observó una densidad $>18 \text{ m}^2$ por animal en los corrales de recepción (**Figura 7**). Se ha reportado que las altas densidades de animales en los corrales pueden facilitar la transmisión de enfermedades, aumentando el número de bovinos enfermos y, a largo plazo, predisponerlos a morir (Lins Lima Montelli et al., 2019).



Respecto a las prácticas que emplea el personal para movilizar a los bovinos, en el 86.7% (26/30) de los lotes se utilizaron arreadores eléctricos o instrumentos punzocortantes para movilizar a los animales. Refiere que el uso de arreadores eléctricos para la movilización de los terneros ocasiona que se incremente sus niveles de estrés, esto puede provocar que los animales se resbalen, se caigan o sufran alguna lesión que ponga en riesgo su salud y bienestar (Wilson et al., 2017).



CONCLUSION

Esta investigación muestra la importancia que tiene la toma de decisiones de los encargados y trabajadores en los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda, como la inadecuada densidad animal que se establece en los corrales y la selección de las prácticas de medicina preventiva, por lo que, es necesario capacitar al personal en temas de buenas prácticas pecuarias encaminado a reducir los errores humanos y disminuir la mortalidad en los animales.

REFERENCIAS

Babcock, A. H., Cernicchiaro, N., White, B. J., Dubnicka, S. R., Thomson, D. U., Ives, S. E., Scott, H. M., Milliken, G. A., & Renter, D. G. (2013). A multivariable assessment quantifying effects of cohort-level factors associated with combined mortality and culling risk in cohorts of U.S. commercial feedlot cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 108(1), 38–46. doi: 10.1016/j.prevetmed.2012.07.008.

Brown-Brandl, T. M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(0), e20160414. doi: 10.1590/rbz4720160414.

Bršić, M., Kirchner, M. K., Knierim, U., Contiero, B., Gottardo, F., Winckler, C., & Cozzi, G. (2018). Risk factors associated with beef cattle losses on intensive fattening farms in Austria, Germany and Italy. *The Veterinary Journal*, 239(1), 48–53. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.08.002.

Flint, H., Schwartzkopf-Genswein, K., Bateman, K., & Haley, D. (2014). Characteristics of Loads of Cattle Stopping for Feed, Water and Rest during Long-Distance Transport in Canada. *Animals*, 4(1), 62–81. doi: 10.3390/ani4010062.

Gody, D., Herbut, P., & Angrecka, S. (2019). Measurements of peripheral and deep body temperature in cattle – A review. In *Journal of Thermal Biology* (Vol. 79, pp. 42–49). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.11.011.

Jiménez-Trujillo, J. A., Ramírez Díaz, R., Hernández Niño, J. G., & Galdámez Moreno, D. (2018). Biodiversity and agrosilvopastoral sustainable livestock landscapes [Biodiversidad y Paisajes Ganaderos Agrosilvopastoriles Sostenibles]. In CONABIO. Retrieved from <https://www.biopasos.com/situacion/Carac-Gan-Chiapas2020.pdf>.

Lins Lima Montelli, N. L., Macitelli, F., Da Silva Braga, J., & Paranhos Da Costa, M. J. R. (2019). Economic impacts of space allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6), 3665–3677. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3665.

Rumor, C., Brscic, M., Contiero, B., Cozzi, G., & Gottardo, F. (2015). Assessment of finishing beef cattle mortality in a sustainable farming perspective. *Livestock Science*, 178, 313–316. doi: 10.1016/j.livsci.2015.06.013.

SENASICA. (1996). NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. Retrieved from <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=531>.

Shimada, M. A. (1986). Engorda de ganado bovino en corrales (1°). México: Consultores en producción animal.

Terrell, S. P., Thomson, D. U., Wileman, B. W., & Apley, M. D. (2011). Survey to describe current feeder cattle health and well-being program recommendations made by Feedlot Veterinary Consultants in the United States and Canada. *The Bovine Practitioner*, 45(2), 140–148. doi: 10.21423/bovine-vol45no2p140-148.

Vogel, G. J., Bokenkroger, C. D., Rutten-Ramos, S. C., & Bargaen, J. L. (2015a). A retrospective evaluation of animal mortality in US feedlots: rate, timing, and cause of death.

Vogel, G. J., Bokenkroger, C. D., Rutten-Ramos, S. C., & Bargaen, J. L. (2015b). A retrospective evaluation of animal mortality in US feedlots: rate, timing, and cause of death. *The Bovine Practitioner*, 49(2), 113–123.

Wilson, Richards C. J., Step D. L., & Krehbiel C. R. (2017). BEEF SPECIES SYMPOSIUM: Best management practices for newly weaned calves for improved health and well-being. *Journal of Animal Science*, 95(5), 2170–2182.

El futuro incierto, es posible ganar en la ganadería en México

¿Está en riesgo el sector ganadero frente a los desafíos climáticos, sociales y económicos del sector agropecuario en México?

El sector primario atraviesa uno de sus momentos más inciertos en la actualidad. A lo largo de décadas, las políticas públicas han contribuido a reducir su operatividad, desplazando a familias de zonas rurales hacia las ciudades, actualmente, no solo las políticas públicas ejercen presión sobre el abandono del sector en todo el país.

Específicamente, la ganadería enfrenta una crisis derivada de los efectos climáticos prolongados, como la sequía, que ha limitado la producción de forraje necesario para sostener la operación de establos y sistemas de pastoreo. En México, al igual que en muchas partes del mundo, los impactos del clima afectan directamente la producción agropecuaria, ya que cada parcela cultivable, sin importar su tamaño, debe alimentar tanto a personas como al ganado.

En la actualidad, nuestro mayor desafío radica en no solo estudiar los múltiples problemas que afectan a los productores agropecuarios, sino también en garantizar la supervivencia de las micro, pequeñas y medianas unidades económicas que dependen de la ganadería en sus diferentes especies. La pérdida de una de estas unidades no solo pone en riesgo el bienestar animal y la rentabilidad del negocio ganadero, sino que también condena a familias enteras a depender de beneficios gubernamentales o de índices de empleo que, en ocasiones, perpetúan condiciones precarias.

Es crucial evitar que el enfoque se reduzca únicamente a ganar un salario mínimo, contratar créditos y permanecer estancados en esa situación. Las políticas públicas deben apoyar activamente la sostenibilidad y la resiliencia del sector ganadero, asegurando así un futuro más prometedor para las comunidades rurales y los productores agropecuarios en México.

Este trabajo no busca ser una crítica antisistema ni una protesta política con connotaciones sociales. Desde hace algunos años, decidí abordar activamente mi deseo de regresar al campo, un impulso compartido por muchas personas. Muchos estamos reconsiderando nuestras raíces y recordamos que, cuando éramos niños, la inflación era un problema existente pero no tan perceptible, en las casas de nuestros abuelos había una vaca, una cabra, gallinas, cerdos, conejos, borregos, parcelas para cultivar, huertas frutales y diversas formas de producción que garantizaban un ahorro significativo. Había leche, carne, huevos, frutas, verduras, semillas, entre otros productos, que no solo mitigaban el hambre, sino que también proporcionaban recursos económicos para útiles escolares, gastos médicos, medicinas, y permitían realizar gastos para ocasiones especiales, así como construir o ampliar una casa.

Hoy en día, escuchamos términos como especialización y gentrificación, que parecen limitar partes del sector, pero es importante recordar que el sector agropecuario tiene muchos actores, desde productores hasta

profesionales en nutrición y salud animal, así como empresarios dispuestos a invertir para mejorar la gestión de los negocios ganaderos, se requiere apertura y voluntad de todos los involucrados para lograr avances significativos.

Cada decisión tomada en un establo o en instalaciones ganaderas implica costos financieros. Algunos productores afirman: "Solo me tomará tiempo, ya tengo lo necesario para hacerlo", pero hoy en día, el valor monetario del tiempo es cuantificable. Cada eslabón de nuestra cadena de producción tiene tiempos definidos e indefinidos, cada UPP es una unidad económica que depende de una cadena de suministro bien gestionada y una planificación específica para cada actividad, relacionada siempre con el valor financiero del tiempo traducido en flujo de efectivo.

La rentabilidad y la utilidad no pueden lograrse sin planeación. Hoy en día, muchos productores tienen acceso a dispositivos que les proporcionan información sobre el sector, a menudo esta información puede resultar confusa y abrumadora. En ocasiones, la presión por no perder tiempo puede llevar a decisiones precipitadas que no consideran adecuadamente los riesgos involucrados.

En México, la producción ganadera muestra cifras sólidas, con 2.2 millones de toneladas de carne de res y 13 mil millones de litros de leche al año. Sin embargo, a pesar de la apertura del mercado, tanto el gobierno como la industria importan leche no solo de países vecinos sino también sustitutos en polvo y aditivos químicos y naturales para mejorar el rendimiento y saborizar la leche en procesos industriales. Esto impacta directamente a los productores micro, pequeños y medianos. No es necesario recordar las protestas donde se derramó leche en carreteras y plazas públicas.

Los ganaderos lecheros no buscan subsidios ni dádivas del gobierno; más bien, esperan políticas públicas que, sin violar acuerdos comerciales, prioricen el consumo nacional. Actualmente, Liconsa cuenta con un padrón de 6.3 millones de mexicanos pero solo compra leche a 2,972 productores en todo el país, pagando un promedio de \$11.05 por litro. Sin embargo, Segalmex reporta adeudos y retrasos en los pagos de la leche. ¿Deben esperar el ganado y las familias de los productores para poder subsistir?

Hemos propuesto a muchos productores lecheros integrar sus establos a sistemas de producción con enfoque de doble propósito para mejorar el flujo de efectivo y cubrir los costos de operación y el sustento familiar. Sin embargo, hemos encontrado resistencia entre los productores porque tradicionalmente se les ha limitado a creer que un establo lechero debe enfocarse exclusivamente en la producción de leche. No buscamos desviar este objetivo principal, sino más bien plantear la idea de que con un manejo controlado del hato, pueden obtener ingresos adicionales periódicamente, por ejemplo, vendiendo becerros de descarte con genética de razas cárnicas a mejores precios.

El USDA publicó una tabla categorizando las razas más valoradas en la industria cárnica (*tabla 1*), considerando variables como el marmoleo, ternura y masa muscular, categorizadas de 1 a 5 estrellas según su desempeño.

TABLA 1

Categorización del 1 al 5 en razas bovinas de acuerdo a su calidad.

Categoría fijada por el USDA en características comerciales del ganado				
Raza	Marmoleo	Terneza	Musculo (Carne)	Promedio Qlty
Jersey	5	5	1	3.7
Holstein	4	3	1	2.7
Angus	4	5	2	3.7
Hereford	3	4	2	3.0
Simmental	3	3	3	3.0
Charolais	2	3	4	3.0
Limousin	1	3	5	3.0
Brahman	1	1	2	1.3

NOTA: Esta tabla muestra la medición del USDA de acuerdo a las características que aporta cada raza a la industria de la carne

De acuerdo a la **Tabla 1**, convertimos las estrellas en números y promediamos cada una de las características para calcular un promedio de calidad (*QLTY*) por raza. Observamos que las razas Bos Taurus están cercanas en promedio, pero presentan grandes diferencias cuando se analizan rubro por rubro. Sin embargo, todas resultan ser considerablemente superiores a la única raza Bos Indicus que considera el USDA, que es la raza Brahman.

Aun con esta información, muchos productores y profesionales del sector, como Médicos Veterinarios Zootecnistas, Ingenieros en Zootecnia y productores en general, rechazan la idea de integrar los establos a un sistema de doble propósito. Con esto no estamos inventando algo nuevo en cuanto al uso de razas cárnicas, sino que estamos promoviendo una alternativa controlada y planificada para hacer rentable la actividad económica de los productores.

Por ejemplo, la raza Holstein y la raza Jersey encabezan la lista (*Tabla 1*) en marmoleo y terneza (suavidad) por encima del Angus, aunque en términos de masa muscular, el Limousin destaca seguido por el Charolais.

Implementar un sistema de doble propósito productivo no significa que las vacas dejen de producir leche en generaciones subsecuentes, más bien, implica seleccionar un número de vacas destacadas para garantizar los reemplazos necesarios y mantener el volumen de producción lechera, las vacas restantes se inseminarían con genética de carne para lograr varios objetivos:

1. Evitar la sobrepoblación de hembras, lo cual genera sobre costos, al no ser todas aptas para producción.
2. Prevenir el nacimiento de machos de bajo valor comercial.

3. Aprovechar los vientres para mejorar la calidad de los machos y hembras de descarte. Esto generaría ingresos adicionales por la venta de kilogramos de carne periódicamente. Normalmente se venden becerros recién nacidos o con pocos días de vida, se consideran un gasto por el "sacrificio de leche" para alimentarlos. Si calculamos 4 litros de leche diarios durante 90 días a \$10 pesos por litro, necesitamos 360 litros o \$3,600 pesos de leche a lo que debemos sumar un promedio de \$50 pesos diarios durante 90 días más, siendo un costo de \$8,100 pesos que para a los 6 meses de edad este ganado tiene actualmente en precio promedio de \$12 mil pesos por cabeza, lo que nos da \$3,900 pesos de utilidad, en una camada de 10 cabezas tenemos al menos \$39,000 pesos adicionales para nuestra operación.

Integrar un establo lechero al mercado de la carne, no amenaza ni pone en riesgo a los productores de ganado de carne, esta integración nos ayuda a diversificar la calidad y asegurar la cantidad de ganado disponible para el mercado nacional.

Después de una conversación con algunos pequeños productores, decidimos realizar un ejercicio en una hoja de cálculo para simular los resultados potenciales de los cruzamientos entre razas lecheras y cárnicas. A continuación, presentamos los resultados obtenidos:

TABLA 2

Cruzamientos de razas cárnicas con raza lechera Holstein.

HOLSTEIN				
Cruces	Marmoleo	Terneza	Musculo	Promedio Qlty
Holstein x Angus	4	4	1.5	3.2
Holstein x Shorthorn	4	3.5	1.5	3.0
Holstein x Hereford	3.5	3.5	1.5	2.8
Holstein x Simmental	3.5	3	2	2.8
Holstein x Gelbvieh	3.5	3	2	2.8
Holstein x Charolais	3	3	2.5	2.8
Holstein x Limousin	2.5	3	3	2.8
Holstein x Brahman	2.5	2	1.5	2.0
Jersey x Holstein	4.5	4	1	3.2

TABLA 3

Cruzamientos de razas cárnicas con raza lechera Jersey.

JERSEY				
Cruces	Marmoleo	Terneza	Musculo	Promedio Qlty
Jersey x Holstein	4.5	4	1	3.2
Jersey x Angus	4.5	5	1.5	3.7
Jersey x Shorthorn	4.5	4.5	1.5	3.5
Jersey x Hereford	4	4.5	1.5	3.3
Jersey x Simmental	4	4	2	3.3
Jersey x Gelbvieh	4	4	2	3.3
Jersey x Charolais	3.5	4	2.5	3.3
Jerseyx Limousin	3	4	3	3.3
Jersey x Brahman	3	3	1.5	2.5

NOTA: El ejercicio desarrollado en las **tablas 2 y 3** nos muestra el angus y el shorthorn mejoran la calidad de la carne mientras que el charolais y el limousin la calidad del canal.

Para el ejercicio, consideramos las razas más comunes en los establos mexicanos, basándonos en la medición proporcionada por el USDA, no son las únicas razas lecheras presentes en México, sin embargo nos ajustamos a la referencia descrita.

Los productores de leche son los más afectados por las amenazas actuales, pero también tienen la mayor oportunidad de mejorar su rentabilidad. Como mencioné anteriormente en este trabajo, la importación de sustitutos y demás derivados abre la posibilidad de regresar a los fundamentos de la ganadería. Estudios recientes indican que a diferencia de la leche en estado líquido, el queso contiene una mayor concentración de

proteínas y calcio como resultado de los procesos a los que se somete la leche, esto sugiere que el queso y los derivados artesanales como el yogurt tendrán una mayor demanda en el mercado nacional.

El INEGI estima que para el año 2030 México tendrá una población de 150 millones de personas. El queso, descubierto como un superalimento con más de 2,000 tipos diferentes (*blandos, semiblandos, maduros, añejos, entre otros*), es una alternativa de desarrollo económico y subsistencia de las unidades económicas pecuarias.

La inversión en equipamiento de un taller para la transformación de la leche puede no resultar barata, sin embargo retomando la clave de la planeación puede ser posible a través de financiamiento con la banca privada o el autofinanciamiento reduciendo el tamaño de nuestro hato por medio de su venta.

Es importante recordar que la ganadería, etimológicamente derivada de "**Ganatum**" (*riqueza, bienes, bestias mansas*) y "**Eria**" (*conjunto*), implica la gestión de riquezas y a la par de la agricultura fueron hasta hace algunos años el motor económico más importante de México.

La ganadería no es una empresa fácil pues aún con los desafíos, ha despertado un renovado interés en invertir en ganado, es crucial transmitir la importancia de capacitarse y entender que, como cualquier negocio, requiere tiempo, dinero y esfuerzo para alcanzar los objetivos.

Datos oficiales indican que el 60% de las personas que se dedican a actividades agropecuarias tienen una edad promedio de 54.6 años, lo que significa que el 40% restante se distribuye en personas de entre 20 y 50 años. Aunque no son cifras alarmantes, reflejan la necesidad de rescatar y preservar las unidades económicas agropecuarias. Nuestro sector ganadero representa un fondo económico significativo y, aunque a menudo subvalorado, sigue progresando, independientemente del tamaño de la UPP.

El mejoramiento genético parece ser el elemento más importante para los productores ganaderos, en México contamos con una diversidad genética muy destacada, sin embargo esto no es totalmente acertado, no podemos apreciar todo el potencial genético si no tenemos las condiciones de bienestar animal adecuadas.

El repaso sobre los pilares del bienestar animal nos ha permitido identificar las acciones que debemos apoyar para asegurar favorablemente el negocio ganadero:

1. Libertad de alimentación e hidratación.
2. Libertad de un ambiente apropiado.
3. Libertad de buena salud.
4. Libertad de bienestar emocional.
5. Libertad de expresar su comportamiento natural o normal

Lo anterior conlleva un costo implícito que se vuelve explícito a medida que conectamos cada uno de estos pilares, ya que ninguno puede ser excluido sin afectar los demás. Aunque el costo inicial puede ser alto, se recupera y se recupera bien a largo plazo.

El bienestar animal obliga a los productores ganaderos a descubrir nuevas herramientas que les permitan realizar una programación que asegure al conjunto dinámico de tareas afianzar el negocio ganadero, deben ser atendidos como prioridad antes de tomar la decisión de adquirir genética.

Los pilares mencionados al comienzo de este apartado no se aplican en el mismo orden en negocios lecheros y en negocios de carne, mientras en el primero tenemos el ganado estabulado en el segundo tenemos ganado en terrenos abiertos, por lo que es importante diseñar un plan de manejo para cada uno ajustándonos inicialmente en los recursos financieros y materiales disponibles, ya que es necesario asegurar la disposición de alimentos y las fuentes hídricas para satisfacer las necesidades del ciclo de producción, así mismo tenemos que diseñar los espacios físicos de almacenamiento, alojamiento y de manejo así como herramientas, vehículos y equipos que faciliten llegar al objetivo.

La ganadería, principalmente la cría de bovinos tiene un papel protagónico en los indicadores económicos del país ya que tiene participación directa en PIB y en la balanza comercial, genera empleos directos e indirectos, de esta actividad dependen más industrias, pero sobre todo familias enteras, su supervivencia en la modernidad no tiene por qué sacrificar el bienestar animal, el ganado que nos sustenta nos enseña que si se puede alcanzar la premisa de GANAR-GANAR.

El mercado de la carne en México muestra diferencias significativas de frontera a frontera.

Como es bien sabido en la producción ganadera, los estados líderes en la producción de ganado bovino para carne incluyen Jalisco, Veracruz y San Luis Potosí, mientras que en la producción lechera destacan Jalisco, la cuenca de La Laguna (Coahuila-Durango), Chihuahua y Guanajuato.

La ganadería no solo contribuye económicamente mediante la producción de un becerro por vaca al año, en ambas formas de producción ese becerro representa el flujo de efectivo que ha de pagar por insumos, servicios y necesidades básicas de la familia, de ahí la prioridad de ser eficientes en el día a día.

Cada becerro nacido requiere transporte para su movilización en unidades diseñadas para asegurar su bienestar, la industria de la maquinaria e insumos agrícolas también se beneficia de la actividad ganadera, especialmente de aquellos productores que cultivan el total o parcial de sus insumos forrajeros.

La diversidad en la producción y logística de la ganadería varía significativamente en diferentes regiones del país. Por ejemplo, existe una notable diferencia entre el tipo de carne consumida en el norte y en el centro-sur de México. En el norte, se enfatiza la calidad sobre la cantidad, aprovechando la cercanía con Estados Unidos. Las razas como Angus, Hereford, Charoláis, Brangus, Braford, Beefmaster y Santa Gertrudis son comunes y valoradas por su calidad de carne. Aunque el ganado cebuino tiene poca presencia en el norte, se utilizan razas como el Brahman en cruzamientos controlados.

En contraste, en el centro-sur de México, el enfoque tiende a ser más hacia la cantidad, adaptándose a las preferencias y disponibilidad económica de la población en esa región, en donde predominan razas como el Charoláis, Limousin, Simmental y cruzamientos con cebuinos como el Sardo Negro. Como mencionamos al inicio, el USDA destaca al Charoláis y al Limousin por su capacidad de aportar músculo, convirtiéndolos en las razas preferidas para los engordadores en el Bajío, Occidente y Centro de México.

En el sur-sureste del país, se ha trabajado intensamente en mejorar la genética bovina. Aquí se observa una mayor presencia de razas europeas y la introducción de razas sintéticas para mejorar el ganado criollo. Un ejemplo son los machos Brangus que hemos llevado a Veracruz y Guerrero con excelentes resultados productivos. Históricamente, el ganado del sureste, mayormente cebuino, solía considerarse de menor valor comercial, al igual la industria lechera en esta región se ha beneficiado con razas sintéticas como el Girolando, y

aún se pueden encontrar ejemplares de la raza Brown Swiss (*Suizo*) de líneas americanas en Veracruz y Tabasco, con demás razas como el gyr, sardo, guzerat, etc.

Considerando las diversas variables del mercado mexicano, es importante señalar que la Ciudad de México y su Zona Metropolitana, con sus 30 millones de habitantes, representan el mercado más grande. Para satisfacer la demanda, se importa ganado de diversas regiones del Estado de México, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Jalisco, Veracruz, Guanajuato, Zacatecas, y se incluyen cortes selectos de Sonora, Chihuahua, Baja California, Nuevo León y Tamaulipas.

El mercado de la carne es encabezado por el corte más popular, el bistec representa el 48.6% del consumo nacional, seguido por la carne molida con el 20.2%. El resto del consumo se distribuye entre cortes finos y preparados, estos de mayor demanda en el norte del país.

Los canales de distribución de la carne de res en México incluyen supermercados, mercados locales o tradicionales (*sobre ruedas o tianguis*), carnicerías y boutiques. Las carnicerías tradicionales son las principales distribuidoras con un 53.1% del mercado, seguidas por los supermercados con un 19.5% y los mercados tradicionales con un 16.2%.

México ocupa el 7º lugar a nivel mundial en la producción de carne de res, liderada por Estados Unidos, que es el principal destino de las exportaciones de ganado en pie a través de la frontera norte. A pesar de esto y según los tratados internacionales, México importa una cantidad significativa de carne, principalmente de Estados Unidos, Canadá, Brasil y Argentina, así como en menor medida de Nueva Zelanda, Japón, Australia, España y Portugal.

La cadena de valor de la producción ganadera es amplia y diversa, generando flujo de efectivo en todos los sectores involucrados. Además, esta actividad tiene una esencia arraigada en la tradición desde el surgimiento de la nueva España.

La capacitación y la profesionalización de los productores son inversiones clave para sanear y reducir el rezago en la ganadería nacional. Aunque puede parecer una meta utópica en términos de igualdad, en la práctica facilita la competencia mediante la comercialización de productos alimenticios tradicionales y artesanales que impulsan la economía regional y contribuyen a un mejor desarrollo social y económico.

La Seguridad y el Clima, retos de la Ganadería Mexicana.

El ambiente de inseguridad en México está afecta directamente a la actividad económica ganadera. El fenómeno del cobro de piso y el abigeato, sumados a condiciones climáticas adversas como la escasez de lluvias, representan graves amenazas para los productores. Los grandes corporativos pueden invertir en seguridad para proteger a su personal e instalaciones, pero los productores micro, pequeños y medianos generalmente carecen de estos recursos, lo que los hace vulnerables a extorsiones y pérdidas económicas.

La escasez de lluvias presiona a los productores a depender más del agua subterránea, lo que a su vez afecta los mantos acuíferos y debilita los sistemas naturales de lagos y lagunas. Aquellos productores con infraestructura adecuada pueden gestionar sus recursos hídricos de manera más eficiente, asegurando el suministro para sus animales. En contraste, quienes carecen de acceso a pozos de agua enfrentan decisiones difíciles, como abandonar la actividad ganadera, lo cual genera migraciones hacia áreas urbanas con pocas oportunidades de empleo.

El impacto ambiental de la ganadería también es una preocupación creciente. A medida que se estudia la huella del ganado en el cambio climático, es esencial explorar y adoptar prácticas ganaderas sostenibles. Razas como el Angus y el Jersey, razas de menor tamaño, pero eficientes en la producción, están ganando interés. Además, razas como el ganado Mashona, de origen africano, se están introduciendo en el norte de México por su rusticidad, resistencia a enfermedades y capacidad para aprovechar forrajes de baja calidad, lo que los hace adecuados para condiciones climáticas adversas.

Reconocer que no todas las modas o tendencias en la ganadería son aplicables nos brinda estrategias para adaptarse a las condiciones específicas de cada región que maximicen la rentabilidad y la sostenibilidad.

El mundo ganadero mexicano es diverso tanto en cadena de suministro como en su mercado de consumo interno, en cada uno de sus eslabones genera economía en beneficio de todos, mejorar la seguridad, gestionar eficientemente los recursos naturales y adoptar prácticas ganaderas sostenibles son fundamentales para fortalecer la ganadería mexicana frente a los desafíos actuales y futuros.

Lo Bueno siempre es Mejorable, lo que no se mide no se puede mejorar.

La mejora continua es fundamental en cualquier actividad, incluida la ganadería.

1. **Medición y control:** Es esencial medir para poder mejorar. Esto implica controlar todos los aspectos de la operación ganadera, desde los recursos utilizados hasta los resultados obtenidos. Sin mediciones precisas, no se pueden tomar decisiones informadas al identificar problemas y áreas de oportunidad que afectan la rentabilidad y sostenibilidad de su negocio. Esto incluye desperdicios, sobreproducción, manejo deficiente del bienestar animal y problemas financieros.
2. **Rentabilidad y sostenibilidad:** Muchos productores pueden descubrir que la ganadería no solo es rentable sino también sostenible cuando se gestionan adecuadamente los recursos y se adoptan prácticas que minimicen el impacto ambiental.
3. **Cambio necesario:** Para mejorar la cadena de suministro agropecuaria, en la ganadería, es crucial cambiar la perspectiva hacia formas más eficientes de producción que no sacrifiquen tiempo, dinero ni el medio ambiente del que depende.
4. **Registros y análisis:** Llevar registros detallados, incluso en un cuaderno sencillo, proporciona una base de información vital. Esto ayuda a evaluar el rendimiento económico de cada actividad, entender los costos y retornos, y tomar decisiones fundamentadas para el futuro.

La mejora continua mediante la medición y el control permite tomar decisiones fundamentales para fortalecer la ganadería mexicana y enfrentar los desafíos actuales y futuros de manera efectiva y sostenible.

Planeación y Desarrollo como herramientas en la mejora continua en las UPP's

Entendiendo la importancia de abordar temas críticos como la economía y la sostenibilidad en la ganadería de manera accesible y práctica para los ganaderos mexicanos. Es fundamental contar con lo siguiente:

1. **Accesibilidad del conocimiento:** Es fundamental desarrollar contenido que sea comprensible y útil para los ganaderos, permitiéndoles visualizar y aplicar la información necesaria para rescatar, mantener, escalar y hacer sostenible sus negocios ganaderos.

2. **Inclusión de pequeños productores:** A menudo se enfoca demasiado en grandes corporativos en lugar de apoyar a los micros, pequeños y medianos productores que también son fundamentales para la economía y la seguridad alimentaria del país. Invertir en estas unidades de producción en sectores marginados debe ser una prioridad para reducir la pobreza y mejorar las condiciones de vida.

3. **Desafíos y oportunidades:** A pesar de los desafíos como la falta de acceso a créditos y proyectos agropecuarios eficientes, existen oportunidades significativas en los mercados locales, especialmente en grandes áreas urbanas.

4. **Planificación y gestión eficiente:** La planificación cuidadosa, tanto en la producción de insumos como en el manejo del ganado, es crucial para optimizar los recursos y garantizar la rentabilidad, la ganadería es un negocio que comenzara a dar resultados a mediano y largo plazo.

5. **Tecnología y desarrollo:** El desarrollo tecnológico en la ganadería no solo mejora la eficiencia, sino que también prepara el camino para un futuro más sostenible y rentable. Es esencial involucrar a todas las profesiones interesadas en la capacitación, planificación y desarrollo de nuevas tecnologías y métodos para mejorar continuamente la ganadería en México.

La visibilidad y la visión son importantes en la forma en que cada ganadero debe gestionar su negocio, hoy en día si el productor se anima a mejorar continuamente podrá en la manera de lo posible predecir su futuro **“GANANDO CON LA GANADERIA”**.

Bibliografía

- **LA LARGA SOMBRA DEL GANADO** - <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6a8c6ec9-3756-40f1-940d-cf1d6ba4d101/content>
- **CONSEJO MEXICANO DE LA CARNE** - <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/>
- **SciELO** - https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212024000100006
- **FAO** - <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/d8f4d994-es/index.html?itemId=/content/component/d8f4d994-es>
- **INEGI** - <https://www.inegi.org.mx/temas/ganaderia/>
- **GOBIERNO DE MEXICO** - <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>

El pastoreo rotacional afecta la infestación de *Rhipicephalus microplus* en el ganado bovino del trópico húmedo

Gabriel Cruz-González¹, Juan Manuel Pinos-Rodríguez¹, Miguel Ángel Alonso-Díaz², Dora Romero-Salas¹, Jorge Genaro Vicente-Martínez¹, Agustín Fernández-Salas², Jesús Jarillo-Rodríguez² y Epigmenio Castillo-Gallegos²

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

²Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Tlapacoyan, Ver., México.

INTRODUCCIÓN

Las garrapatas son una de las principales amenazas para la producción bovina, afectando alrededor del 80% del ganado a nivel mundial. Estos parásitos generan pérdidas que van desde los 13.9 a 18.7 mil millones de dólares estadounidenses anualmente (Rochlin y Toledo, 2020), principalmente por afectar parámetros productivos y de bienestar. *Rhipicephalus microplus* (Acari; Ixodidae) es el principal ectoparásito que afecta al ganado en áreas tropicales, subtropicales y templadas del mundo, donde es transmisor de patógenos como *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale* (Pérez de Leon et al., 2014).

El control de este parásito se ha basado principalmente en tratamientos químicos; sin embargo, la garrapata ha desarrollado la capacidad de resistir las dosis de los acaricidas aplicados (Agwunobi *et al.*, 2021). Se han propuesto métodos no convencionales para controlar las poblaciones de garrapatas para mitigar los efectos de esta resistencia (Andreotti *et al.*, 2011). Entre ellos resalta el pastoreo rotacional, que consiste en administrar el tiempo de pastoreo del ganado y la duración de los periodos de recuperación o descanso (Wilkinson, 1964). El objetivo es reducir la interacción parásito-huésped y se ha mencionado como una forma ecológica, rentable y de optimización de los recursos forrajeros (Hüe y Fontfreyde, 2019).

Aunque el pastoreo rotacional ha recibido la atención de los investigadores durante varios años; la mayoría de los estudios están basados en modelos matemáticos y hay poca información sobre el efecto del pastoreo rotacional a nivel de campo (Nicaretta *et al.* 2020). Lo anterior concuerda con Teel *et al.* (1998), quienes mencionaron que la dinámica poblacional y la dispersión de garrapatas en sistemas de pastoreo rotacional son complejas y relativamente poco estudiadas. En estudios de campo se ha observado que el efecto del pastoreo rotacional sobre las garrapatas depende del tiempo de recuperación del potrero. Los pastoreos rotacionales con períodos cortos de descanso (20 días) no tienen efecto sobre las infestaciones de garrapatas en los bovinos, sin embargo, los tiempos de recuperación de potrero más largos se han reportado como una estrategia prometedora para controlar las garrapatas.

Hasta nuestro conocimiento, no existe información sobre el efecto del pastoreo rotacional con diferentes tiempos de descanso de los potreros sobre el control de *R. microplus* en bovinos de las zonas tropicales de México. Los objetivos de este estudio fueron: (1) evaluar el efecto de tres modalidades de pastoreo (pastoreo continuo y pastoreo rotacional con descanso de pastura de 30 y 45 días) sobre la infestación por *R. microplus* en bovinos, (2) determinar la dinámica poblacional de *R. microplus* en bovinos bajo las tres modalidades de pastoreo mencionadas en las condiciones ambientales del trópico húmedo.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (20°02' N, 97°06' O), de abril de 2021 a marzo de 2022.

2. Diseño experimental

Se probaron tres estrategias de pastoreo: CG00, pastoreo continuo, donde los animales andaban libremente en un solo potrero sin divisiones internas; RG30, pastoreo rotacional con tiempos de pastoreo y recuperación de 3 y 30 días, respectivamente, con 11 potreros de ≈ 0.18 ha cada uno; y RG45, pastoreo rotacional con tiempos de pastoreo y recuperación de 3 y 45 días, respectivamente, con 16 potreros de ≈ 0.12 ha cada uno. Las tres áreas experimentales compartieron la misma latitud y las irregularidades del terreno fueron similares. Cada tratamiento consistió en 2 ha de pasturas donde predominaba el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y con infestaciones naturales de garrapatas. El pastoreo ha sido el único uso que han recibido las pasturas durante los últimos 30 años. Se utilizó la técnica de la bandera para verificar la presencia de larvas en las tres áreas experimentales antes del inicio del experimento. El número de larvas fue bajo y similar entre los potreros. Los potreros no recibieron ningún tratamiento antigarrapatas antes de la investigación.

Se utilizaron treinta becerras entre 8 y 12 meses de edad y peso vivo promedio de 182 ± 44 kg. Se asignaron diez becerras aleatoriamente a cada tratamiento. Ocho animales de cada grupo fueron F1 (Holstein $\times$ Cebú) y dos $5/8 \times 3/8$ (Holstein $\times$ Cebú). La carga animal para cada área experimental al inicio del estudio fue de cuatro unidades animales por hectárea (ua = 450 kg de peso vivo). Quince días antes de comenzar el experimento, todos los animales fueron tratados contra parásitos gastrointestinales (albendazol), garrapatas y moscas (coumafós) para comenzar con cargas de garrapatas similares. En estudios previos, la población de garrapatas del área experimental se ha reportado como resistente al amitraz, piretroides sintéticos, clorpirifos, diazinón e ivermectina.

3. Manejo de animales

Durante el experimento, todos los animales recibieron un suplemento alimenticio a razón de 1 kg diario por cabeza y agua *ad libitum*. Durante el invierno, el pasto disponible disminuyó, por lo que cada dos días, se les proporcionó a las becerras dos pacas de heno (*C. nlemfuensis* y *Brachiaria* sp., ≈22 kg cada una). No hubo áreas comunes entre ninguno de los tres tratamientos. Cada tratamiento contó con bebederos y comederos móviles y exclusivos para los animales. Los animales no fueron tratados contra garrapatas durante todo el estudio; sin embargo, el ganado estuvo bajo supervisión médica para monitorear la carga de garrapatas y los signos clínicos que pudieran presentarse.

4. Recuento de garrapatas en el ganado

Se realizó un recuento de garrapatas durante todo el año cada 14 días de 7:00 a 9:00 h. En total fueron 26 conteos, comenzando en abril de 2021 y terminando en marzo de 2022. Dicho conteo se realizó con la ayuda de una rampa de compresión y solo se consideraban garrapatas *R. microplus* con longitud mayor a 4.5 mm. Las garrapatas permanecieron en su lugar después del conteo.

5. Recopilación de datos climáticos

Dos semanas antes y durante el experimento, se registraron diariamente la temperatura ambiental (°C) y la precipitación (mm) a través de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2022). La aplicación móvil Weather Channel[®] proporcionó los datos de humedad relativa (HR, %) (Mendoza-Martínez *et al.*, 2021). En la región el clima es cálido y húmedo con tres estaciones climáticas: lluvias (junio-septiembre), invierno (octubre-enero) y secas (febrero-mayo).

6. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando las pruebas de D'Agostino & Pearson, Anderson-Darling, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad y homogeneidad de varianzas utilizando StatGraphics 19.1.3 (StatPoint, Inc., Herndon, VA, EE. UU.). Las pruebas mostraron que los datos no se distribuyeron normalmente. Los conteos de garrapatas para cada tratamiento se compararon utilizando la prueba de Kruskal-Wallis con Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, EE. UU.). Se consideró un intervalo de confianza del 95% y un valor p menor a 0.05. La temperatura ambiental, la humedad relativa y la lluvia se correlacionaron con la carga de garrapatas utilizando la prueba de Spearman con el software R versión 2021 (R Core Team, Viena, Austria). El conteo de garrapatas en los bovinos de cada tratamiento se analizó mediante análisis descriptivo (Software R versión 2021).

RESULTADOS

En la **Tabla 1** se muestran 26 recuentos de *R. microplus*. En los primeros tres meses (abril, mayo y junio) después de iniciado el experimento (seis recuentos), las cargas parasitarias fueron bajas y similares entre tratamientos ($p > 0.05$) (Tabla 1). Del recuento siete al conteo dieciséis, correspondientes a julio a noviembre, los animales en RG30 tuvieron los conteos más altos de *R. microplus* ($p < 0.05$) (**Tabla 1**). En los últimos diez muestreos, correspondientes al período noviembre-marzo, el recuento de garrapatas registrado en RG45 fue significativamente menor que RG30 y CG00 ($p < 0.05$).

Los animales del grupo RG30 presentaron una mayor carga parasitaria acumulada al final del experimento con 13352 garrapatas, seguido de los animales de los tratamientos CG00 y RG45 con 1882 y 660 garrapatas. Los patrones de dispersión de las cargas parasitarias entre los animales fueron diferentes dentro de cada tratamiento. En total, el 30% de los animales de los tratamientos RG30 y RG45 concentraron el 55% (7344/13352)

y el 57% (1073/1882) de las cargas parasitarias, mientras que en el tratamiento CG00, el patrón fue del 42% (277/660). Ninguno de los animales presentó problemas de salud durante el experimento.

Fecha	Número de muestreo	CG00		RG30		RG45	
		Media ¹	SD	Media	SD	Media	SD
02/04/2021	1	1.60 ^a	1.58	1.40 ^a	1.65	1.00 ^a	1.41
17/04/2021	2	1.40 ^a	1.65	1.40 ^a	2.12	1.60 ^a	2.07
01/05/2021	3	2.00 ^a	2.49	2.20 ^a	3.19	2.80 ^a	3.68
18/05/2021	4	0.80 ^a	1.69	6.20 ^a	10.73	2.60 ^a	4.01
01/06/2021	5	5.00 ^a	4.74	2.20 ^a	3.19	1.40 ^a	2.50
15/06/2021	6	0.00 ^a	0.00	8.60 ^b	10.50	2.00 ^a	5.66
29/06/2021	7	3.00 ^a	3.16	59.20 ^b	47.27	0.00 ^c	0.00
13/07/2021	8	3.40 ^a	3.53	83.80 ^b	59.45	11.20 ^a	14.58
27/07/2021	9	4.80 ^a	3.16	61.80 ^b	40.09	15.00 ^c	7.62
11/08/2021	10	0.40 ^a	0.84	90.80 ^b	77.00	1.00 ^a	1.94
24/08/2021	11	11.20 ^a	8.12	117.20 ^b	94.07	4.40 ^c	6.24
08/09/2021	12	0.20 ^a	0.63	188.40 ^b	159.84	0.60 ^a	1.35
20/09/2021	13	3.80 ^a	5.29	162.40 ^b	138.17	0.00 ^c	0.00
05/10/2021	14	3.40 ^a	3.41	70.80 ^b	63.01	2.20 ^a	2.90
18/10/2021	15	2.00 ^a	3.27	115.00 ^b	81.83	0.00 ^c	0.00
03/11/2021	16	6.00 ^a	6.18	88.00 ^b	82.84	3.20 ^a	4.54
16/11/2021	17	3.40 ^a	3.66	36.60 ^b	17.39	0.40 ^c	0.84
30/11/2021	18	0.60 ^a	1.90	29.00 ^b	15.03	0.00 ^a	0.00
14/12/2021	19	16.40 ^a	13.16	13.00 ^a	5.10	2.20 ^b	2.57
28/12/2021	20	17.00 ^a	5.52	25.00 ^a	29.55	1.60 ^b	2.27
11/01/2022	21	11.20 ^a	7.19	31.00 ^b	17.64	3.20 ^c	3.16
25/01/2022	22	19.20 ^a	14.37	23.00 ^a	11.21	0.80 ^b	1.93
08/02/2022	23	16.40 ^a	11.46	16.20 ^a	13.45	1.80 ^b	2.57
22/02/2022	24	16.80 ^a	9.53	48.00 ^b	36.49	0.80 ^c	1.40
09/03/2022	25	21.80 ^a	5.37	22.20 ^a	10.17	2.80 ^b	3.43
23/03/2022	26	16.40 ^a	8.04	31.80 ^b	21.63	3.40 ^c	2.32

¹ Media aritmética de los recuentos de garrapatas. ^{a-c} Los valores dentro de una fila con diferentes superíndices difieren significativamente en $p < 0.05$.

Tabla 1

Número de *Rhipicephalus microplus* en ganado (>4.5 mm) bajo tres sistemas de pastoreo durante un año.



La dinámica poblacional de garrapatas en cada grupo de becerras mostró patrones variables durante todo el año (**Figura 1**). Los animales del grupo RG30 presentaron las mayores infestaciones de garrapatas *R. microplus* (>4.5 mm de longitud) que se manifestaron con cinco picos de distribución. El primer pico de garrapatas fue en junio y julio, con un promedio de 71.5 garrapatas por animal. El segundo y tercer pico ocurrieron durante septiembre y octubre, alcanzando un promedio de 188 garrapatas y 115 garrapatas por animal; el cuarto y quinto pico ocurrieron durante enero y febrero, con un promedio de 31 y 48 garrapatas por animal, respectivamente (**Figura 1**).

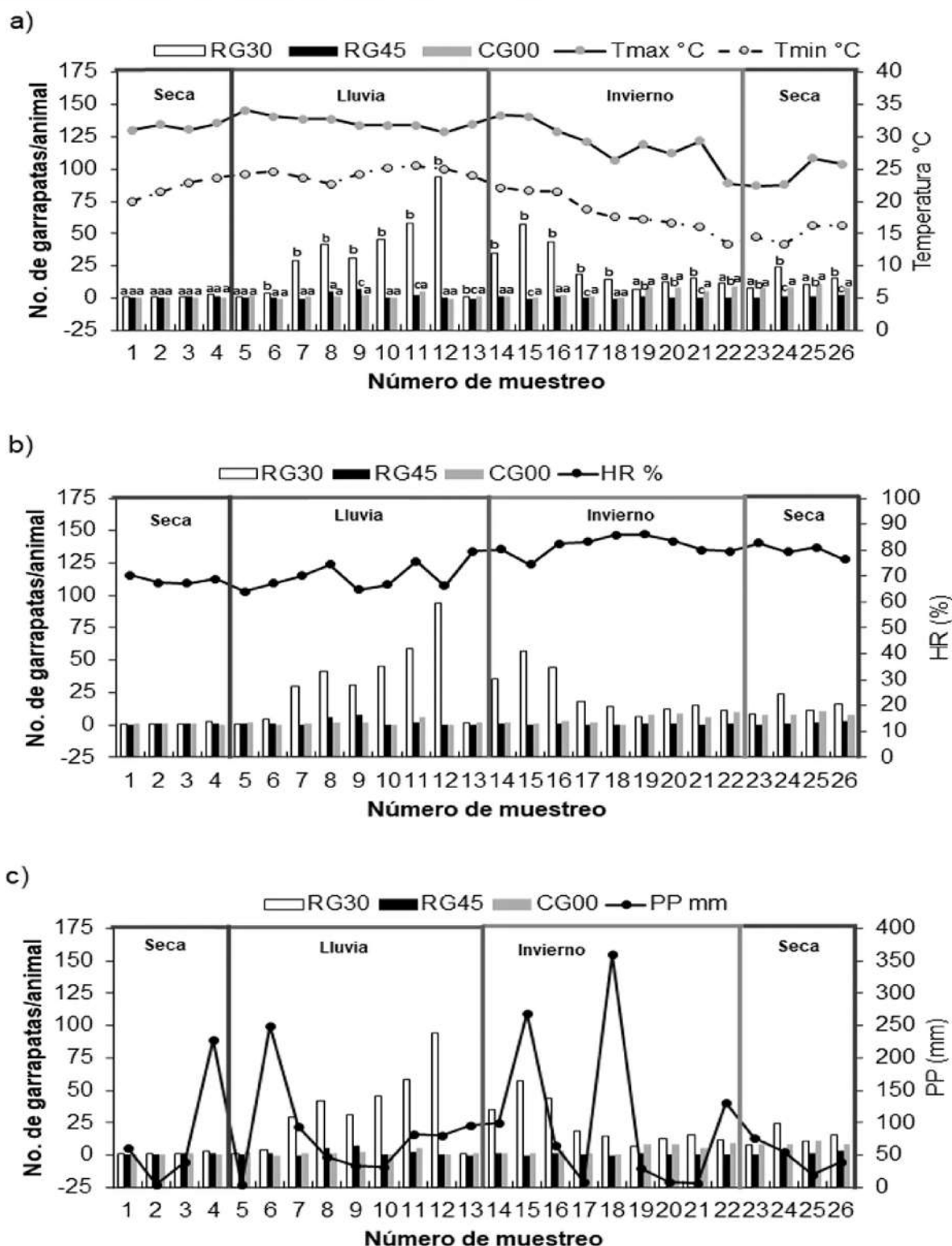


Figura 1

Número de *Rhipicephalus microplus* (medida $\pm$ desviación estándar) bajo pastoreo continuo (CG00), pastoreo rotativo con 30 y 45 días de descanso (RG30 Y RG45, respectivamente) en bovinos ($n=10$ por tratamiento), durante 1 año (abril 2021 a marzo de 2022). Tmax = temperatura máxima en °C; Tmin = temperatura mínima en °C (a), °C = grados centígrados, HR =

**humedad relativa (%) (D), PP = precipitación pluvial (mm) (C).
Dentro de las fechas, las barras con la misma letra de guion
superior son estadísticamente iguales en $p < 0.05$.**

La temperatura ambiental mínima y máxima del experimento fluctuó entre 11.5 °C y 37.0 °C. La humedad relativa (HR) mensual y la precipitación estuvieron entre 67 y 85% y 54.0 a 427.7 mm, respectivamente. No hubo asociación entre el grado de infestación de garrapatas por *R. microplus* y las variables climáticas ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

El pastoreo rotacional se ha reportado como una alternativa viable para controlar *R. microplus* en el ganado. Sin embargo, existe información limitada sobre los efectos de esta alternativa no química a nivel de campo. Este es el primer informe sobre el impacto de tres variaciones de manejo del pastoreo en la infestación por *R. microplus* en el ganado. Las evaluaciones que existen se han llevado a cabo en regiones con diferentes climas, diferentes cargas ganaderas y diferentes tipos de pasturas. Sin embargo, estos estudios han reportado hallazgos significativos que podrían ayudar a entender los resultados obtenidos en el presente experimento. En este estudio, se observaron que la reducción de la duración del período de recuperación del pastoreo continuo o 45 días a una recuperación de 30 días estimuló las cargas de garrapatas en las becerras.

Los animales del grupo RG30 tuvieron el recuento más alto de *R. microplus* en comparación con los grupos RG45 y CG00; de hecho, los animales en el tratamiento RG30 tuvieron una carga parasitaria acumulada más alta al final del experimento. En estudios previos, el pastoreo rotacional (con 20 días de descanso) en pasturas de *Cynodon dactylon* fue ineficaz para reducir las cargas parasitarias de *R. microplus* en los animales en comparación con el pastoreo continuo (Nicaretti *et al.*, 2020). En condiciones de campo controladas, el tiempo promedio de pre-closión es de 42 días. No obstante, Las larvas muestran una mejor actividad para adherirse al hospedero potencial a los 3 a 8 días posteriores a la eclosión, lo que indica que el tiempo adecuado para la presencia de larvas viables y vigorosas en la pastura podría ser de 45 a 50 días posteriores al desprendimiento de las garrapatas ingurgitadas (Cruz *et al.*, 2020). Si consideramos en este estudio que los animales regresan al potrero después de 30 días, todavía no habría larvas viables para infestar. Aun así, en la siguiente ronda, los animales regresarían después de 60 días, cuando las larvas tienen 15-20 días más de su mejor edad viable, lo que podría ser un tiempo adecuado para un alto nivel de infestación en las condiciones de este estudio.

Los animales del grupo RG45, con un sistema de pastoreo de mayor densidad, tuvieron el recuento más bajo de *R. microplus* en comparación con los grupos RG30 y CG00; de hecho, los animales también tuvieron la carga parasitaria acumulada más baja al final del experimento. Estos resultados sugieren que los días de descanso en RG45 podrían ser una herramienta potencial para controlar a *R. microplus* en el ganado. No existe información sobre el efecto del pastoreo rotacional con descanso de pastura de 45 días sobre la infestación por *R. microplus* en comparación con modalidades de pastoreo como descanso de pastura de 30 días y pastoreo continuo. A diferencia del grupo RG30, los animales regresan al potrero después de 45 días, lo que aún podría significar un bajo porcentaje de garrapatas viables para infestar. Aun así, en la siguiente ronda, los animales regresarían después de 90 días, cuando las larvas tienen 40-45 días más de su mejor edad viable. Tal tiempo podría ser suficiente para que las condiciones ambientales dañen a las larvas, reduciendo las posibilidades de infestar al ganado.

Datos destacables del presente estudio muestran que tres de cada diez animales en los tratamientos RG30 y RG45 mantuvieron el 55% y 57% de las garrapatas, respectivamente. Labruna y Verissimo (2001) reportaron un patrón similar, donde 25 de 36 animales fueron responsables del 50% del total de garrapatas. Lo anterior nos ayudaría a detectar y tratar solo a los animales susceptibles, ya que esto controlaría alrededor del 55% de las

infestaciones y ejercería una menor presión de selección por resistencia sobre las garrapatas al tratar a los animales.

Las observaciones durante un año de la fase parasitaria de *R. microplus* en bovinos ayudaron a determinar que el ectoparásito mostró aproximadamente cinco picos en el RG30 y uno en RG45 y el grupo CG00. Cabe mencionar que estas poblaciones, al estar altamente influenciadas por las condiciones ambientales, pueden presentar diversos tiempos de diapausa, lo que podría manifestarse en la ausencia de picos marcados en algunas temporadas y tratamientos. Estudios previos en áreas tropicales y subtropicales reportaron de 3 a 4 picos por año para esta especie de garrapata en bovinos (Canevari et al., 2016; Alonso-Díaz et al., 2007). Sin embargo, un experimento reciente mostró la ocurrencia de cinco picos anuales de *R. microplus* en bovinos (Nicaretta et al., 2021), atribuyendo a la temperatura como un posible factor en el incremento de picos.

El presente estudio no tuvo asociación significativa entre las cargas parasitarias y las variables climáticas analizadas ($p > 0.05$).

Un aspecto para destacar en el experimento actual fue el aumento a un pico en el grupo T00 en invierno, que es probablemente un efecto del número acumulado de larvas en las gramíneas que se convirtieron en adultos en generaciones anteriores.

Esta observación durante la temporada de invierno en este experimento concuerda con la reportada por (Labruna y Veríssimo, 2021) en Brasil, donde encontraron altos picos de *R. microplus* en el pastoreo continuo, atribuyendo a la calidad de los pastos y al estado nutricional del ganado, induciendo una menor probabilidad de susceptibilidad de los animales a las garrapatas.



“La información presentada en este estudio proporciona al productor una referencia significativa para la implementación de un pastoreo rotacional mediante la aplicación adecuada del descanso de las praderas como una herramienta para el control de garrapatas en el trópico húmedo como complemento al control químico”.

CONCLUSIONES

El pastoreo rotacional con 30 días de descanso de las pasturas no es suficiente para afectar la infestación de garrapatas *R. microplus* en el ganado. El pastoreo rotacional a 45 días, demostró afectar la infestación de estas garrapatas sobre los bovinos. La determinación de los periodos de reposo de las praderas en diferentes periodos del año en un área particular es el conocimiento básico necesario para un control integral exitoso. La gestión correcta del pastoreo ayudaría a mitigar el uso de acaricidas que afectan la salud animal, ambiental y humana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agwunobi, D. O., Yu, Z., y Liu, J. 2021. A retrospective review on ixodid tick resistance against synthetic acaricides: implications and perspectives for future resistance prevention and mitigation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 173, 104776.
2. Alonso-Díaz, M. Á., Silva, B. J. L., de Magalhães Labarthe, A. C. L., y Vivas, R. I. R. 2007. Infestación natural de hembras de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) en dos genotipos de bovinos en el trópico húmedo de Veracruz, México. *Veterinaria México*, 38(4), 503-509.
3. Andreotti, R., Guerrero, F. D., Soares, M. A., Barros, J. C., Miller, R. J., y León, A. P. D. 2011. Acaricide resistance of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 20, 127-133.
4. Canevari, J. T., Mangold, A. J., Guglielmone, A. A., y Nava, S. 2017. Population dynamics of the cattle tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in a subtropical subhumid region of Argentina for use in the design of control strategies. *Medical and veterinary entomology*, 31(1), 6-14.
5. Cruz, B. C., de Lima Mendes, A. F., Maciel, W. G., Dos Santos, I. B., Gomes, L. V. C., Felippelli, G., Pires, W. F. T., Lopes, L. F., Soares, V. E., Zanetti, W. D. L., da Costa, A.J., y de Oliveira, G. P. 2020. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. *Parasitology research*, 119, 2421-2430.
6. Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R. I., y Alonso-Díaz, M. A. 2012. First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 183(3-4), 338-342.
Hüe, T., y Fontfreyde, C. 2019. Development of a new approach of pasture management to control *Rhipicephalus microplus* infestation. *Tropical animal health and production*, 51(7), 1989-1995.
7. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nuev. (accesado el 26 May 2022).
8. Labruna, M.B., Verissimo, C.J. 2001. Observations of infestation by *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in cattle kept in pasture rotation, under high animal density. *Ar. Inst. Biol.* 2001, 68, 115-120.
9. Mendoza-Martínez, N., Alonso-Díaz, M. A., Merino, O., Fernández-Salas, A., y Lagunes-Quintanilla, R. 2021. Protective efficacy of the peptide Subolesin antigen against the cattle tick *Rhipicephalus microplus* under natural infestation. *Veterinary Parasitology*, 299, 109577.
10. Nicaretta, J. E., Dos Santos, J. B., Couto, L. F. M., Heller, L. M., Cruvinel, L. B., de Melo Júnior, R. D. M., Cavalcante, A S. D. A., Zapa, D M. B., Ferreira, L.L., de Oliveira, C M. M., Soares, V. E., y Lopes, W. D. Z. (2020). Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus microplus* in a tropical region. *Research in veterinary science*, 131, 92-97.
11. Nicaretta, J. E., Zapa, D. M. B., Couto, L. F. M., Heller, L. M., de Assis Cavalcante, A. S., Cruvinel, L. B., de Melo, R. D. J., Ferreira, L. L., do Nascimento, R. M., Edesio, V. S., Miranda, L. F. B., de Oliveira, C. M. M., y Lopes, W. D. Z. 2021. *Rhipicephalus microplus* seasonal dynamic in a Cerrado biome, Brazil: An update data considering the global warming. *Veterinary Parasitology*, 296, 109506.
12. Pérez de León, A. A., Teel, P. D., Li, A., Ponnusamy, L., y Roe, R. M. 2014. Advancing integrated tick management to mitigate burden of tick-borne diseases. *Outlooks on pest management*, 25(6), 382-389.

13. Rochlin, I., y Toledo, A. 2020. Emerging tick-borne pathogens of public health importance: a mini-review. *Journal of medical microbiology*, 69(6), 781-791.
14. Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2022. Available online: [https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacionclimatologica/informacion estadistica-climatologica](https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacionclimatologica/informacion_estadistica-climatologica) (accessed on 5 May 2022).
15. Teel, P. D., Grant, W. E., Marin, S. L., y Stuth, J. W. (1998). Simulated cattle fever tick infestations in rotational grazing systems. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 51(5), 501-508.
16. Wharton, R. H., y Utech, K. B. W. (1970). The relation between engorgement and dropping of *Boophilus microplus* (Canestrini)(Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. *Australian Journal of Entomology*, 9(3), 171-182.
17. Wilkinson, P. R. 1964. Pasture spelling as a control measure for cattle ticks in southern Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, 15(5), 822-840.

Ganadería bio-regenerativa

La **ganadería extensiva en México** se realiza utilizando agostaderos naturales y/o inducidos para pastoreo de diferentes cruza de bovinos, incluso utilizando razas puras productoras de carne. En este sistema extensivo para producir becerros al destete, novillos a media ceba o finalizados, prevalece el sistema de pastoreo continuo, en el cual el ganado camina mucho y se vuelve muy selectivo para su alimentación, prefiriendo consumir determinadas plantas lo que puede provocar incluso la desaparición de esas especies vegetales.

El pastoreo continuo tiende a provocar sobrepastoreo y compactación lo cual conlleva la degradación del suelo, el cual disminuye su contenido de materia orgánica, que disminuye su fertilidad y por consecuencia su productividad y se vuelve propenso a la erosión eólica e hídrica,

Mención aparte merece el control de ectoparásitos tanto internos como externos, pues causan importantes pérdidas económicas al afectar de diversas maneras a los animales en prácticamente todas las etapas de desarrollo.

Considerando que en el 70% del territorio nacional tenemos la presencia de garrapata (*Boophilus spp*) (**Imagen 1**), que causa importantes pérdidas de forma directa como son: la disminución de la producción de carne y leche, transmisión de enfermedades como la Babesiosis bovina y la Anaplasmosis, que pueden afectar la reproducción, pérdidas económicas por daños a las pieles, disminución en la productividad, limita la introducción de razas altamente especializadas y pueden incluso provocar la muerte de algunos animales.

ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECE LA CAMPAÑA NACIONAL PARA EL CONTROL DE LA GARRAPATA *Boophilus spp.*

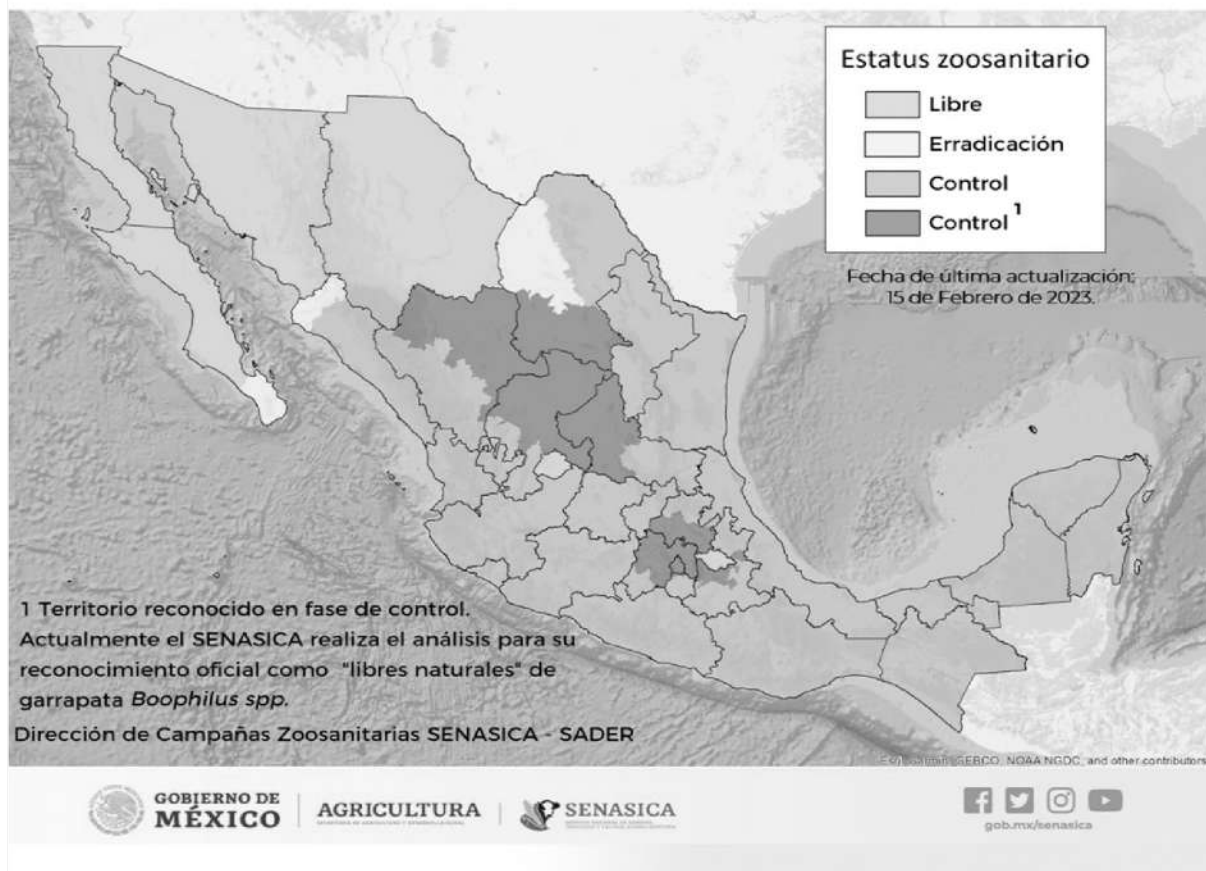


Imagen 1

Campaña nacional para el control de garrapata



Como sabemos la ivermectina es un desparasitante ampliamente utilizado para el control parásitos internos y externos, de estos últimos es especialmente importante en el control de garrapatas, por la frecuencia de los tratamientos que incluyen calendarios cerrados de hasta cada 14 días.

La presencia de la molécula activa de ivermectina en el estiércol de animales tratados produce la muerte de un importante número de micro (bacterias, hongos) y macroorganismos en el área del suelo en que es depositado.

Los efectos del cambio climático tienen especial repercusión en la ganadería extensiva, pues está en buena medida depende de la precipitación pluvial, tanto en la cantidad de lluvia como de su distribución en el tiempo. Como sabemos, en los últimos años, el territorio nacional se ha visto afectado por periodos de sequía cada vez más amplios, pero además acompañados por temperaturas más altas y por tiempos más prolongados (Imagen 2).

sustentables y tecnologías de última generación, para producir alimentos sanos, limpios y nutritivos, a través del mantenimiento y/o aumento de la fertilidad física, química y biológica del suelo, del combate al cambio climático global y la conservación del agua, aire, suelo y la salud de los humanos” (Sánchez 2021).

En consecuencia, de lo anterior la agricultura bio-regenerativa se define como “La recuperación de un suelo degradado o enfermo por malas praxis agrícolas, logrando tener la suficiente fertilidad natural, para lograr la auto sustentación de manera sostenible en el tiempo” (Abecasis C. 2021).

Esta metodología ha logrado disminuir el uso de agrotóxicos (Fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc.), de síntesis química, sustituyéndolos por bioinsumos, manteniendo e incluso mejorando los rendimientos y la rentabilidad en sistemas de agricultura protegida, de riego y en temporal.

Adicionalmente, la agricultura regenerativa, mejora en cada ciclo la calidad y salud del suelo al incrementar su biodiversidad y elevar, ciclo con ciclo, la cantidad de materia orgánica.

“

El caso que presentamos se desarrolló en el Rancho Hermanos Lombardía SPR de RL, ubicado en el Municipio de Zihuateutla, en la región de Xicotepec de Juárez Puebla, a 1200 msnm.

Los potreros cuentan con pastos MG5, Estrella y Grama, arbustos y arboles nativos. El agua para consumo del ganado se suministra en bebederos (Tinas) portátiles, alimentados con línea de conducción fija. Utilizan un sistema de pastoreo rotacional de alta densidad, controlado por cercos eléctricos portátiles.

Se utilizó un predio de una hectárea. (**Imagen 3**). El cual se dividió en 5 franjas de dimensiones similares. La franja central (3), fue designada como testigo. En las franjas 1,2, 4 y 5 se realizó la aplicación del paquete de prueba.



Imagen 3

Predio del Rancho Hermanos





Imagen 4

Aplicación de microorganismos, bioestimulantes y aminoácidos de origen vegetal y fúngico

6

Con fecha 10 de agosto de 2023, se realizó una primera aplicación con bomba aspersora manual de mochila. Se asperjó una solución de microorganismos, bioestimulantes y aminoácidos de origen vegetal y fúngico, y minerales, disueltos en 200 litros de agua (**Imagen 4**).

La aplicación se realizó a los 8 días de que el ganado había salido de pastorear en ese potrero, iniciando la aplicación a las 06:00 y concluyendo a las 06:30, esto para evitar que los rayos solares afectaran las bacterias componentes del consorcio y evitar las corrientes de aire. Este procedimiento se realizó en las dos aplicaciones.

La segunda aplicación se realizó el 25 de agosto de 2023, utilizando el mismo paquete de productos y horarios de aplicación. Se adicionó una solución conteniendo un consorcio de hongos entomopatógenos para control biológico de garrapata.

El 24 de septiembre se realizó el muestreo en las franjas testigo y de prueba para determinar la producción de forraje en verde (**Tabla 1**). Se utilizó el método del marco de metal de un metro cuadrado lanzado al azar y se cortó con tijera todo el forraje, pesándolo en el sitio con balanza digital electrónica (**Imagen 5**).

Finalmente, el día 25 de septiembre se introdujo el ganado en el área de prueba (**Imagen 6**)

	KG FORRAJE VERDE POR M ² TESTIGO	KG FORRAJE VERDE PROMEDIO POR M ² TRATAMIENTO
M1	2	3.4
M2	1.6	3.6
M3	2.8	3.1
Peso promedio	2.1	3.36
Rendimiento por ha por pastoreo	21,000	33,666
Rendimiento por ha por año	126,000	202,000

Tabla 1

*Cantidad de biomasa producida en pradera
testigo vs tratamiento*



Imagen 5

*Realización de muestreo para determinar
la producción de forraje en verde*



Imagen 6

Ganado en el área de prueba



Resultados

1. En comparación con el lote testigo se encontró un incremento del amacollamiento en todos los pastos, observándose nuevos retoños
2. El peso del forraje en verde presento un incremento del 37.6%
3. Mejoró la calidad de la biomasa que tienen relación directa con el porcentaje de la reconversión animal.

4.

El incremento en la cantidad y calidad del forraje permiten realizar ajustes al alza de la carga animal o disminuir el tiempo de retorno al potrero en la rotación.

Con la aplicación del tratamiento realizado se incrementará el porcentaje de Materia Orgánica. Sobre este último punto cabe destacar que de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), por cada 1% de incremento de Materia Orgánica (MO) en el suelo este tendrá la capacidad de retener hasta 150 mil litros de agua por Ha.

La aplicación de los componentes del paquete de productos utilizado mejora sensiblemente el equilibrio de los microorganismos que componen el ecosistema del suelo, aumentando su salud lo que permite que las diferentes especies de plantas existentes en el potrero se desarrollen incrementando la biodiversidad vegetal.

Recordemos que si tenemos suelos enfermos tendremos plantas enfermas; Si tenemos suelos sanos, tendremos plantas sanas. De acuerdo con el Principio de la Trofobiosis: Un mayor o menor ataque a las plantas por los

insectos y microorganismos depende de su estado nutricional y entorno donde se encuentre (Francis Chaboussou).

Adicionalmente al limitar el uso de productos químicos, mejora la biodiversidad, pues no se afectan especies de insectos, aves, reptiles, etc. Que son habitantes normales en las áreas de pastoreo.

El uso de bioinsumos elimina los riesgos de contaminación del suelo y aguas superficiales y de mantos freáticos.

El análisis de la relación Beneficio-Costo es positivo, pues en términos generales los bioinsumos tienen un costo menor que los agrotóxicos (fertilizantes, herbicidas).

Y, lo más importante, no se pone en riesgo la salud de los productores, pues se evita el contacto con agrotóxicos y permite una producción pecuaria amigable con el medio ambiente, sustentable y sostenible.

Bibliografía

1. Situación actual Campaña Nacional para el control de la garrapata *Boophilus* spp. | Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)
Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria | 15 de febrero de 2023.
2. Monitor de Sequía en México (conagua.gob.mx)
3. Carlos Abecasis de HMA 4 explica qué es la Bioregeneración de suelo (agribio.com.ar)
4. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo (scielo.org.mx)
5. Agricultura ecológica: Qué es y por qué es importante | Agriquito Agricultura ecológica: Que es y porque es importante.
José M^a Díaz Sánchez, Ingeniero Técnico Agrícola. Profesional del campo y de la agricultura desde hace más de 20 años, asesorando a los agricultores y empresas agrícolas en su día a día.
6. **Qué es la Trofobiosis y cómo afecta a tu actividad agrícola.** Qué es la Trofobiosis y cómo afecta a tu actividad agrícola - Agroptima

La vitamina D ¿una aliada para la prevención de la tuberculosis en el ganado?

La vitamina D es el término colectivo utilizado para describir un grupo de moléculas estrechamente relacionadas, como la vitamina D2 y la vitamina D3. La vitamina D2 (o ergocalciferol) proviene de fuentes vegetales como hongos, líquenes o alfalfa; mientras que la vitamina D3 (o colecalfiferol) tiene origen animal debido a que se produce en la piel de los animales tras la exposición a los rayos ultravioleta del sol. De hecho, la importancia de la vitamina D es tal que esta se sintetiza en todas las formas de vida, desde el fitoplancton, el zooplancton, hasta organismos complejos como las plantas y animales (1).



La principal función biológica de la vitamina D es mantener las concentraciones séricas de calcio y fósforo dentro del rango normal mejorando la eficiencia del intestino delgado para absorber estos minerales de la dieta. Por lo tanto, la vitamina D es de vital importancia para la formación y mantenimiento del esqueleto, dado que interviene en la homeostasis del calcio. Así, la vitamina D es esencial para la prevención de afectaciones óseas como el raquitismo o la osteomalacia. Sin embargo, en los últimos años se ha descubierto que la vitamina D interviene en otros procesos biológicos, incluyendo la modulación de la respuesta inmune (1,2).

¿Cómo funciona la vitamina D?



La vitamina D por sí sola no tiene actividad biológica, necesita ser metabolizada en el organismo mediante dos reacciones de hidroxilación para ejercer sus funciones en la célula blanco. Después de su ingestión en la dieta, o después de su síntesis dérmica, la vitamina D es hidroxilada inicialmente en el hígado; esta reacción genera el precursor 25(OH)D también llamado calcidiol. El calcidiol es el principal metabolito de vitamina D en

circulación sanguínea, es bastante estable y tiene una vida media de más de dos semanas. Por lo tanto, la concentración de calcidiol en sangre es usado para determinar si un individuo tiene deficiencia de vitamina D. Posteriormente el calcidiol es hidroxilado por segunda ocasión, esta vez en el riñón. Esta reacción de hidroxilación está a cargo de la enzima CYP27B1, y da como resultado la activación de la vitamina D a su forma activa 1,25(OH)2D3, metabolito conocido como calcitriol. El calcitriol es transportado a las células blanco que expresan el receptor de la vitamina D (VDR), esta señal permite la activación de diversos genes involucrados en el metabolismo del calcio y en muchos otros procesos fisiológicos (3).

¿Cómo se relaciona la vitamina D con la respuesta inmune?

Si bien durante mucho tiempo se sostuvo que la vitamina D actuaba únicamente en el intestino, los riñones y el esqueleto y que su función se limitaba a la homeostasis del calcio, a inicios de los años 2000, se descubrió que el receptor VDR se encontraba en tejidos que no tienen participación en la homeostasis del calcio (por ejemplo, piel, placenta, páncreas, células de cáncer de mama, próstata y colón, etc). Así se descubrió que el receptor VDR y la enzima CYP27B1 se encuentran en la mayoría de las células del sistema inmune, y por lo tanto tienen la capacidad de metabolizar al calcidiol circulante en sangre, y además de responder a los efectos del metabolito activo calcitriol (1,3). Esto fue un parte aguas en la investigación de los efectos de la vitamina D, dado que la deficiencia de vitamina D es ahora reconocida como un problema de salud pública, por sus implicaciones en la salud y bienestar general.

¿Cuál es el valor óptimo de vitamina D que un animal debería tener?

Como se mencionó previamente, la concentración de vitamina D se mide a través de los valores del metabolito 25(OH) en suero. Sin embargo, la definición de rangos suficientes de vitamina es un desafío, tanto en humanos como en animales. Actualmente, no hay un consenso en el valor de vitamina D considerado suficiente, mientras que algunos consideran niveles mayores a 20 ng/ml (50 nmol/L) suficientes, otros consideran que la concentración óptima de 25(OH)D es al menos de 30 ng/ml (75 nmol/L).



En el caso de los bovinos, no se han realizado estudios epidemiológicos suficientes para definir los valores de vitamina D óptimos; sin embargo, dadas las similitudes en el metabolismo de la vitamina D entre humanos y ganado, se han adoptado los valores de corte recomendados por la Sociedad Endocrina, así se considera como un estado de deficiencia de vitamina D concentraciones séricas menores a 30 ng/ml (2).

Diversos factores ambientales y del propio bovino afectan la concentración sérica de vitamina D; por ejemplo, el sexo (los niveles son mayores en hembras que en machos), la edad (los niveles son menores en becerros que en adultos), la raza (los niveles son mayores en Bos taurus que en Bos indicus), la temporada del año (los niveles son mayores en verano que en invierno); así como las prácticas de manejo (la vitamina D se suministra en la dieta en mayor concentración en los sistemas ganaderos americanos que en los europeos). Por lo que esto dificulta aún más el establecimiento de valores de referencia. Además, el establecimiento de estos valores debería considerar la etapa productiva del animal y el número de lactaciones, la edad, y el estado de salud general. Por ejemplo, se observó que los terneros que enfrentan una enfermedad viral aguda mostraron una rápida disminución en la concentración sérica de vitamina D, lo que sugiere una mayor utilización de esta vitamina en respuesta a la infección, y por lo tanto un mayor requerimiento de vitamina D en estados de enfermedad [3].

¿Qué relación existe entre la vitamina D y la tuberculosis?

La relación entre la vitamina D y la tuberculosis se puede rastrear desde el siglo XIX, en esa época la única terapia conocida para tratar la tuberculosis, era la helioterapia, la cual consistía en exponer a los pacientes a baños de sol. Nadie entendía cómo funcionaba, pero se sabía que la exposición a la luz del sol favorecía la recuperación de los pacientes (4). Posteriormente, en la década de 1940, se publicaron algunos informes sobre tratamientos para la tuberculosis con vitamina D, proporcionando evidencia de su seguridad y eficacia.



Sin embargo, el descubrimiento de la estreptomina en 1952 desplazó al uso de vitamina D para tratar la tuberculosis. Treinta años después, en la década de los 80's, estudios de laboratorio demostraron el efecto bactericida de la vitamina D contra el bacilo de la tuberculosis, pero fue hasta inicios de los años 2000 que se describió el mecanismo molecular de la actividad microbicida de la vitamina D (3).

La vitamina D induce efectos proinflamatorios y antiinflamatorios contra las micobacterias que frenan el crecimiento de los bacilos y limitan una respuesta

inflamatoria excesiva. Las actividades proinflamatorias están asociadas con la producción de péptidos antimicrobianos como la catelicidina y β -defensinas, los cuales dañan directamente la pared de las bacterias. Otra forma en la que la vitamina D modula la actividad microbicida de las células, es mediante la inducción de autofagia en las células infectadas, así como la producción de reactivos intermediarios de oxígeno y nitrógeno. Por otro lado, las acciones antiinflamatorias de la vitamina D están relacionadas con la reducción de la producción de citosinas proinflamatorias como IFN- γ e IL-1 β , así como con la disminución de la producción de quimosinas (1-3).

Ante esta evidencia, diversos estudios epidemiológicos en humanos han analizado la relación entre las concentraciones de vitamina D en suero y el riesgo de desarrollar tuberculosis. Uno de los meta-análisis más completos mostró que la deficiencia de vitamina D se asociaba con 1.5 veces más riesgo de desarrollar tuberculosis (OR = 2,57; IC del 95% = [1,74, 3,80]). De la misma forma, se determinó que los pacientes con tuberculosis latente tienen 2.2 veces más riesgo de desarrollar tuberculosis activa, si sus niveles de vitamina D son menores a 20 ng/ml (OR = 3,23; IC del 95% = [1,91- 5,45]) (5,6).

En el ganado, una asociación similar se ha sugerido. Estudios realizados en animales infectados naturalmente con *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP) mostraron que las concentraciones séricas de 25(OH)D eran más bajas en animales seropositivos a MAP en comparación con animales seronegativos. Además, niveles bajos de 25(OH)D se asociaron con una mayor gravedad de la infección por MAP (7). De forma similar, se observó que animales infectados con *Mycobacterium bovis* tuvieron niveles de 25(OH)D menores en comparación con animales negativos a la prueba de tuberculina (8). Sin embargo, aún no es claro si la reducción en los niveles séricos de vitamina D son la causa o la consecuencia de la enfermedad.

Estudios experimentales han mostrado que después de que el bovino es expuesto a *M. bovis*, hay una rápida movilización de 1,25(OH)2D3 en la sangre, por lo que se sugiere que la vitamina D podría ser necesaria para la formación de granulomas (9). Así mismo, estudios in vitro han demostrado que el metabolito activo de la vitamina D (1,25(OH)2D3) estimula a las células bovinas (macrófagos y neutrófilos) para iniciar actividades microbicidas contra el bacilo, reduciendo así su proliferación (3,10).

¿Cuáles son los efectos de la complementación con vitamina D en la dieta en el ganado?

Pocos estudios han analizado los efectos de la complementación de vitamina D en la dieta sobre la susceptibilidad a las enfermedades en el ganado. Sin embargo, la evidencia sugiere que los efectos benéficos de la complementación con vitamina D se observan después de 6 a 12 meses. Recientemente, nuestro grupo de investigación comparó los efectos de una dieta rica en vitamina D administrada por 7 meses en becerros, evaluamos los efectos en el sistema inmune y usamos un modelo de infección ex-vivo con *M. bovis* para analizar el impacto de la vitamina D en el control de la infección. Los resultados demostraron que los animales que recibieron una dieta con altas concentraciones de vitamina D durante 7 meses tuvieron una mejor

capacidad para restringir el crecimiento de *M. bovis*, en comparación con los animales alimentados con concentraciones estándar de vitamina D. Por lo tanto, los resultados mostraron que la complementación de vitamina D en el ganado representa una oportunidad económica para mejorar la respuesta inmune contra la tuberculosis bovina (3,11-12).



Las acciones descritas de la vitamina D sobre el sistema inmunológico innato brindan oportunidades interesantes para mejorar la resistencia a las enfermedades del ganado a través de una mejor nutrición. Sin embargo, aún existen varias interrogantes que requieren más investigaciones; por ejemplo, se requieren estudios para determinar los valores óptimos de concentraciones séricas de vitamina D, en función de la edad, sexo y raza de los animales. Así mismo, se requieren estudios para determinar la asociación entre los niveles de vitamina D y la excreción y eliminación del bacilo, por mencionar algunos.

El vínculo entre la vitamina D y el sistema inmune es indisputable. Sin embargo, la investigación en el ganado es escasa, lo que representa una brecha importante en el conocimiento veterinario, pero también una oportunidad para realizar investigaciones con un enfoque colaborativo e interdisciplinario para mejorar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos y proteger la salud humana y animal.

Referencias

1. Bikle, D.D., Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chem Biol*, 2014. 21(3): p. 319-29
2. Nelson, C.D., et al., Vitamin D status of dairy cattle: Outcomes of current practices in the dairy industry. *J Dairy Sci*, 2016. 99(12): p. 10150-10160.
3. Flores Villalva, S. The effects of vitamin D on the cellular responses, molecular immunity, and mycobacterial killing in cattle. 2022. Doctoral dissertation, University College Dublin. School of Agriculture and Food Science.
4. Greenhalgh I, Butler AR. Sanatoria revisited: sunlight and health. *J R Coll Physicians Edinb*. 2017 Sep;47(3):276-280.
5. Huang, S.J., et al., Vitamin D deficiency and the risk of tuberculosis: a meta-analysis. *Drug Des Devel Ther*, 2017. 11: p. 91-102.
6. Kafle S, Basnet AK, Karki K, Thapa Magar M, Shrestha S, Yadav RS. Association of Vitamin D Deficiency With Pulmonary Tuberculosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021 Sep 10;13(9):e17883.
7. Stabel, J.R., T.A. Reinhardt, and R.J. Hempel, Short communication: Vitamin D status and responses in dairy cows naturally infected with *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis*. *J Dairy Sci*, 2019. 102(2): p. 1594-1600.
8. López-Constantino, S., E.A. Barragan, and E. Alfonsaca-Silva, Reduced levels of serum 25(OH)D(3) are associated with tuberculosis positive cattle under conditions of high natural exposure to *Mycobacterium bovis*. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 2022. 81: p. 101746.
9. Rhodes, S.G., et al., 1,25-dihydroxyvitamin D3 and development of tuberculosis in cattle. *Clin Diagn Lab Immunol*, 2003. 10(6): p. 1129-35.

10. Flores-Villalva S, Remot A, Carreras F, Winter N, Gordon SV, Meade KG. Vitamin D induced microbicidal activity against *Mycobacterium bovis* BCG is dependent on the synergistic activity of bovine peripheral blood cell populations. *Vet Immunol Immunopathol*. 2023 Feb;256:110536.
11. Flores-Villalva S, O'Brien MB, Reid C, Lacey S, Gordon SV, Nelson C, Meade KG. Low serum vitamin D concentrations in Spring-born dairy calves are associated with elevated peripheral leukocytes. *Sci Rep*. 2021 Sep 23;11(1):18969.
12. Flores-Villalva S, Reid C, Remot A, Gordon SV, Meade KG. Long term dietary vitamin D3 supplementation impacts both microbicidal and inflammatory responses to ex-vivo *Mycobacterium bovis* BCG challenge in dairy calves. *Vet Immunol Immunopathol*. 2023 Apr;258:110575.

Adición de L-carnitina y ácido ascórbico para mejorar la calidad espermática de verracos potencialmente fértiles

Montoya J.I.¹, Aparicio J.E.², Cortéz J.M.³, Gutiérrez O.³, Hernández J.E.¹, Utrera F.¹, Ríos D.¹, Cruz J.R.¹, Vázquez J.F.⁴ y Morales C.L.¹.
FMVZ, BUAP¹; ESAP, UAH²; CEIEPP, UNAM³; CUT UAEMEX⁴.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones recientes se han orientado en mejorar la calidad espermática en diferentes especies, por ejemplo, los beneficios de la suplementación de carnitina en la dieta de cerdos (Balogun *et al.*, 2022 y Yeste *et al.*, 2010). Ácido Ascórbico o Vitamina C, es un nutriente esencial relacionado con la fertilidad por sus efectos sobre la producción hormonal y acción antioxidante, dada su función para evitar la lipoperoxidación (Baqir Al-Dhalimy *et al.*, 2021). De acuerdo con lo anterior, el propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición en la dieta del Ácido Ascórbico y L-Carnitina sobre la calidad espermática y el potencial fertilizante de dosis seminales de verracos, utilizadas para Inseminación Artificial (IA) en cerdas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza e Investigación y Producción Porcina de la UNAM y consistió en un periodo con dieta control (2 kg/día) para 6 sementales durante 8 semanas y un periodo experimental que consistió en la dieta control + la suplementación con Ácido Ascórbico (250 mg/kg, 2 verracos); dieta control + L-Carnitina (250 mg/kg, 2 verracos) y Ácido Ascórbico (125 mg/kg) + L-Carnitina (125 mg/kg), en 2 verracos, durante un lapso de 8 semanas dividido en dos periodos. De los eyaculados obtenidos se realizó la valoración del volumen, concentración, morfología y, movilidad espermática, la muestras que presentaron buena calidad espermática fueron procesadas para realizar dosis seminales y proceder a inseminar las cerdas reproductoras, registrando los datos de la cerda y de la dosis utilizada para su inseminación. Se tomó registro de la tasa de fertilidad con un programa para colección de datos de granja.

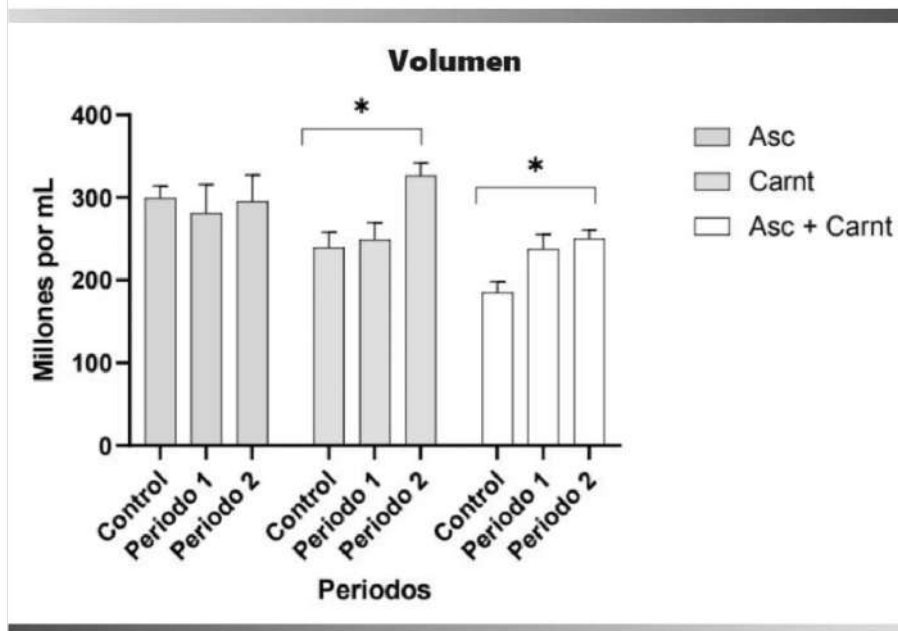
Cada eyaculado de cada verraco se consideró como un caso estadístico (n = 180). Los datos obtenidos se analizaron con Kruskal-Wallis, para la comparación de medias por Dunn's a través del software GraphPad Prism 5.0. Los parámetros de calidad del espermatozoide se probaron para determinar la normalidad y la homocedasticidad mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene (con un nivel de significancia establecido en 5%) (GraphPad software Inc., San Diego, California, E.U.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se encontró que la adición con L-Carnitina y la combinación de ácido ascórbico + L-Carnitina en dieta de verracos presentan incrementos significativos en el volumen del eyaculado (327 ± 15.2) y

(250 ± 10.7) respectivamente, al compararlo con su control (239 ± 18.7) y (185 ± 13.1) respectivamente.

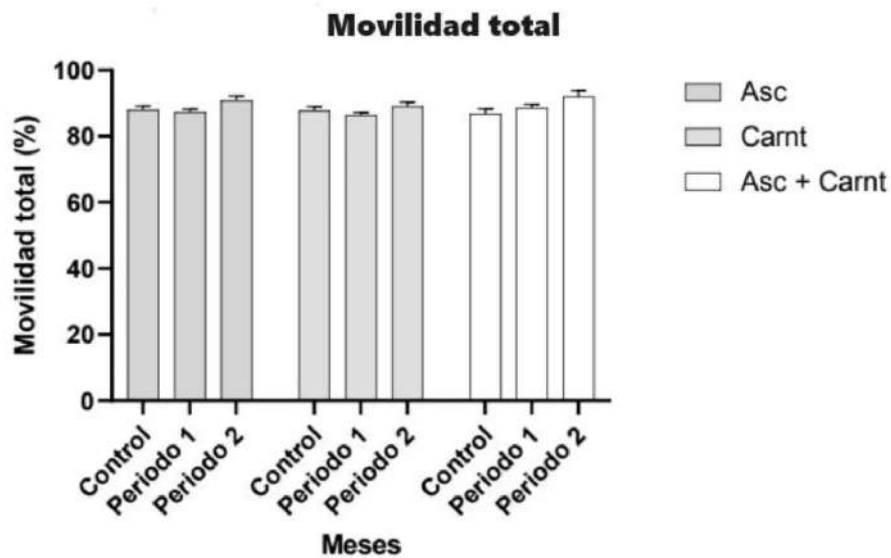
Figura 1. Valores del volumen medias ± ee (n= 180), en los periodos control, 1 y 2 de los diferentes tratamientos. P<0.05.



Los resultados de volumen coinciden con los resultados de Přibilová et al., (2018) que encontraron un aumento de los valores de volumen en las semanas 10, 11 y 13 de su experimento con la adición de 500 mg x kg de carnitina en la dieta de verracos, en cuanto a la adición de ácido ascórbico a la se ha reportado que éste compuesto mejora el valor de volumen en machos cabríos a una ración de 2g x kg en un periodo de 8 semanas, atribuido a su capacidad para aumentar los valores séricos de testosterona que influye en el desarrollo y función sexual del macho.

Además, se registraron aumentos en los valores de movilidad espermática para los verracos suplementados con Ácido Ascórbico y Ácido Ascórbico + L-Carnitina sin ser estos cambios significativos, Balogun *et al.*, (2022) y Yeste *et al.*, (2010) no encontraron diferencias importantes en verracos a pesar de registros previos. Carnitina es un factor importante en la generación de energía a nivel mitocondrial pues transporta ácidos grasos a través de la membrana para la β -oxidación, proceso crucial para gran parte de la generación de ATP en el espermatozoide.

Figura 2. Valores de la movilidad medias $\pm$ ee (n= 180), en los periodos control,1 y 2 de los diferentes tratamientos. P<0.05.



En el parámetro de concentración espermática la dieta suplementada con ácido ascórbico fue la única de los tres modelos experimentales en demostrar mejoras en los valores comparados con el periodo control, aumentando en el periodo 1 y decreciendo en el periodo 2. El mecanismo por el que la carnitina puede mejorar la concentración espermática es mediante el aumento de sustrato energético para la espermatogénesis y a sus efectos como agente antioxidante, sin embargo, los mejores resultados se han percibido en pacientes con problemas fértiles como la azoospermia (Balogun *et al.*, 2022).

Figura 3. Valores de concentración medias $\pm$ ee (n= 180), en los periodos control,1 y 2 de los diferentes tratamientos. P<0.05

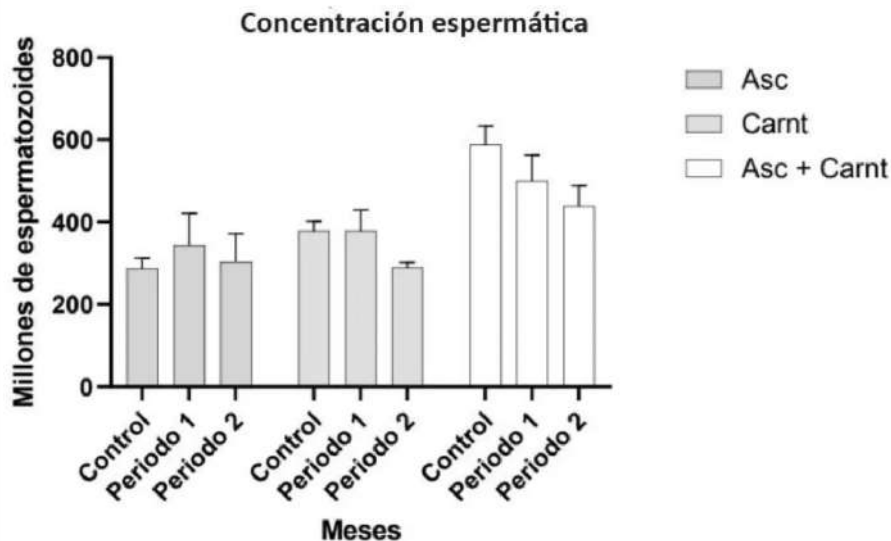
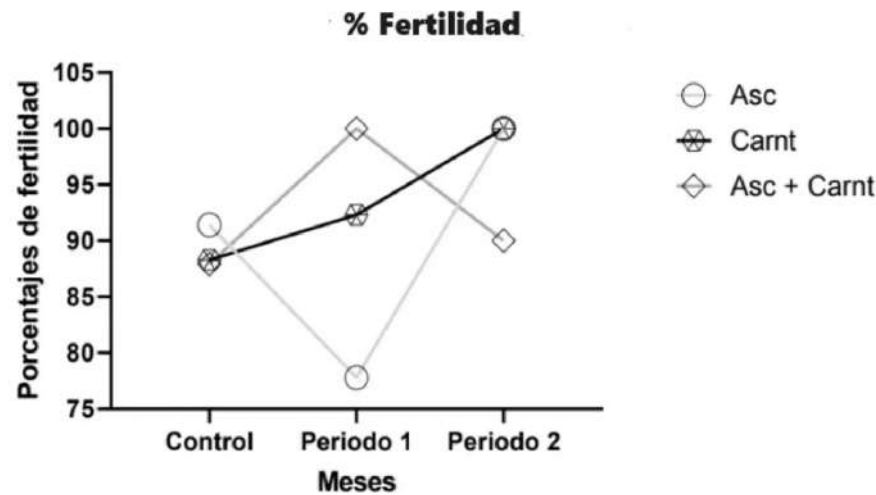


Figura 4. Porcentajes de fertilidad (n= 180), en los periodos control, 1 y 2 de los diferentes tratamientos. P<0.05.



Para el porcentaje de fertilidad la dieta con Ácido Ascórbico registró un incremento de 8.6% comparando el periodo control (91.4 %) con el periodo 2 (100%), para la dieta con L-Carnitina el periodo control registró (88.3 %) y el periodo 2 (100%) con un incremento de 11.7%, y para Ácido Ascórbico + L-Carnitina el periodo 1 (100%) mostró un aumento del 12.1% respecto al control (87.9 %), para luego decrecer en el periodo 2 (90%). Sin ser estos significativos.

CONCLUSIÓN

En el presente estudio se encontró que la adición y la combinación de Ácido Ascórbico+ L-Carnitina en dieta de verracos presentan mejoras significativas en el volumen del eyaculado, al compararlo con el periodo control. Además, se registraron aumentos en los valores de movilidad espermática, para los verracos suplementados con Ácido Ascórbico y Ácido Ascórbico+ L-Carnitina sin ser estos cambios significativos, pero se sugiere llevar a cabo el análisis de la movilidad con el CASA, para analizar las dosis de los sementales potencialmente fértiles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balogun KB, Lu N, Orlando U, Torborg H, Kleve-Feld M, Denton A, Holstine A, Stewart KR. (2022). Translational Animal Science.6.
- Baqir Al-Dhalimy, A. M.; Alabsawy, S. K.; Al-Mousaw, M.; & Al-Dhalemi, D. M. (2021). 76(4): 1137-1142.
- Přibilová, M., Horký, P., Urbánková, L., Nevrlka, P., & Skládanka, J. (2018). Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 66(5), 1199-1206.
- Yeste, M.; Sancho, S.; Briz, M.; Pinart, M.; Bussalleu, E.; & Bonet, S. (2010). Theriogenology. 73(5): 577-586.
- Palabras Clave: Fertilidad, Antioxidantes, Calidad Espermática.

Alternativas al uso de antimicrobianos para el cuidado de la salud en la porcicultura

El sector porcino en México se ha desarrollado ampliamente a nivel nacional e internacional, siendo el tercer importador y quinto exportador de carne de cerdo a nivel mundial. Debido a esto, se **debe garantizar que los productos y subproductos del cerdo sean inocuos y de calidad para el consumidor**, por lo que actualmente se cuentan con las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

De igual manera, en la actualidad nuestro país es libre de las principales enfermedades que limitan el comercio, como fiebre aftosa, fiebre porcina clásica o peste porcina africana, entre otras (SENASICA, 2018), sin embargo, las enfermedades endémicas que están presentes hoy en día en el país, a pesar de representar un menor riesgo desde el punto de vista epidemiológico, económico y de salud pública, pueden repercutir seriamente en la productividad animal, en el comercio de animales vivos, productos y subproductos de origen animal, así como en el desarrollo económico mundial.

La sanidad porcina es una práctica indispensable para garantizar una buena crianza y bienestar en la porcicultura, ya que, por medio de prácticas preventivas, de control y erradicación de enfermedades se puede hacer más eficiente el sistema productivo porcino y proporcionar garantía sanitaria e inocuidad a los productos derivados de estos (Peñafiel *et al.*, 2017). Hoy en día, existen muchos métodos de control zoonosario, entre los que destaca el uso de antimicrobianos, los cuales son utilizados a nivel mundial debido a su fácil disponibilidad, costo accesible y falta de estrategias para reducir su uso.

No obstante, actualmente se han generado mecanismos de resistencia en bacterias, virus, parásitos y hongos, por lo que, el reducir el uso de estos antimicrobianos se ha vuelto una realidad. Aunado a esto, es necesario encontrar soluciones eficaces que tengan un impacto en los patógenos que afectan la salud porcina. Una de estas soluciones es el uso de sustancias simples o naturales que benefician la productividad, sin crear resistencia y sin afectar a los animales, al humano o al medio ambiente (Seidavi *et al.*, 2021).

La medicina alternativa, o también denominada medicina holística, hace referencia a un sistema que diagnostica y trata la enfermedad en contexto de un paciente completo, a su estado general de salud, presencia de otras

enfermedades y la influencia del ambiente, por lo que se dirige a evaluar un conjunto entre el individuo y su entorno (Li *et al.*, 2018). Esta práctica se enfoca a fortalecer el sistema fisiológico y restablecer la homeostasis. La inclusión de hierbas aromáticas en la alimentación animal es una estrategia que permite enfocarse en un sistema productivo sostenible, al aprovechar los residuos de la cosecha de estas plantas (Díaz-Sánchez *et al.*, 2015).

Asimismo, este método permite tratar al animal sin dejar residuos y a un bajo costo, lo que resulta en un tratamiento no tóxico para el animal, además de reducir los costos de producción y contar con productos más inocuos que favorecen al consumidor y al medio ambiente, asegurando así el bienestar animal y generando un sistema de producción más sostenible, además de la producción de proteína de origen animal libre de antibióticos, entre otros (Biswas *et al.*, 2024).

Por lo anterior, el presente trabajo pretende proporcionar una visión global del uso de diferentes alternativas, con énfasis en la fitoterapia, para contrarrestar el efecto de los antimicrobianos en el animal, el consumidor y el medio ambiente y así disminuir esta resistencia antimicrobiana en la porcicultura.

“

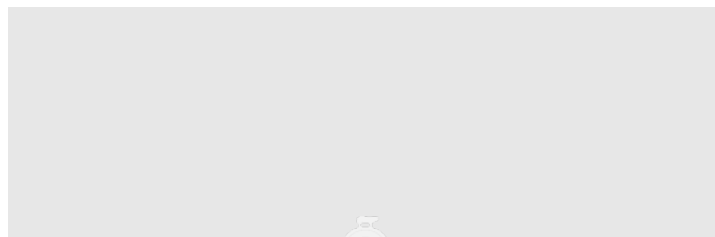
Impacto y consecuencias de la resistencia antimicrobiana (RAM) en la porcicultura.

La tasa de prevalencia e importancia económica de las enfermedades infecciosas varía notablemente y dependen principalmente de diversos factores entre los que destacan aquellos que involucran al medio ambiente, el agente etiológico y el cerdo, como pueden ser el sistema de manejo, condiciones de alojamiento, medidas sanitarias, localización de las unidades de producción, edad del cerdo, estado inmunológico, etapa productiva, entre otros (Roth, 2015).

El propósito de los antimicrobianos en la producción porcina es el tratamiento, control y prevención de estas enfermedades, y a su vez la promoción del crecimiento (O'Neill, 2014). No obstante, la resistencia antimicrobiana (RAM) se ha convertido en un problema de salud pública en México y a nivel mundial (SENASICA, 2023). La RAM es un fenómeno evolutivo que ocurre naturalmente y se produce cuando los microorganismos sufren modificaciones genéticas al verse expuestos a fármacos o productos que impiden su crecimiento o desarrollo, dando como resultado que estos fármacos resulten ineficaces y la infección persista en el animal (Escalante *et al.*, 2022).

Aunado a lo anterior, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido distintas estrategias para contrarrestar este problema, una de estas es la **“Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los Antimicrobianos”**, bajo el enfoque **“Una Salud”**, en el cual se establece el uso racional de estos y únicamente como uso terapéutico (OMS, 2016).

No obstante, hoy en día, debido al uso indiscriminado de estos antimicrobianos en la producción animal, algunos microorganismos (principalmente bacterias y parásitos) han generado la aptitud para evitar que sean afectados por estos fármacos (Khameneh *et al.*,



2021). Entre las principales causas de esta situación se encuentran el uso constante e irracional de tratamientos con los mismos grupos químicos, la mala práctica de los tratamientos como mala dosificación, uso de estos en infecciones en las cuales no se requiere su uso, estimación incorrecta del peso, deficiente calidad de los productos o tratamiento incompletos, exposición a residuos antimicrobianos en suelo, cultivos o agua, entre otros (Pluske *et al.*, 2018).

Olaechea (2005) menciona que cuando en una población se desarrolla la resistencia a cierto fármaco, la cepa resulta resistente a todo el grupo químico. Con relación a esto, se tiene evidencia desde los años 50's de esta resistencia en agentes como *Psoroptes ovis* o *Fasciola hepática*. A su vez, Escalante *et al.* (2022) realizaron la detección de genes de resistencia a antibióticos en aislados de *Escherichia coli* en cerdos con cuadros diarreicos, sus resultados mostraron que el 98.3% de las muestras evaluadas resultaron positivas a por lo menos un gen de resistencia antimicrobiana, las frecuencias más altas de resistencia antimicrobiana fueron a los grupos de tetraciclinas, sulfonamidas y estreptomicina.

“Además, se sabe que **el uso inadecuado de los antimicrobianos puede afectar la microbiota intestinal del cerdo**, lo que ha generado un aumento en la mortalidad, presencia de enfermedades y baja productividad, reflejado negativamente en las ganancias de la producción porcina y el aumento en los costos de proteína de origen animal (Zeineldin *et al.*, 2019).”

Alternativas y estrategias al uso de antimicrobianos en la porcicultura

Las estrategias actuales se enfocan en la reducción de factores predisponentes como la implementación de un buen programa de medicina preventiva, cuidado del bienestar animal y el diagnóstico oportuno de enfermedades, lo que da como resultado una disminución en el riesgo de contaminación física, química o microbiológica.

Entre las alternativas más sencillas y confiables para disminuir la carga de patógenos en las granjas porcinas es promover el uso y mejora de las medidas de bioseguridad interna y externa, programas de control sanitario, procedimientos rutinarios de limpieza y desinfección, así como el uso de desinfectantes a base de cítricos que pueden aplicarse en contacto con animales y humanos. De igual manera se deben eliminar los factores predisponentes y detonantes para la aparición de patógenos en las granjas porcinas, realizar cambios en el manejo del sistema de producción, al incluir un manejo Todo Dentro-Todo Fuera (TD-TF), control del ambiente y adecuados planes de vacunación y desparasitación (Perea, 2024).

Por otro lado, la nutrición adecuada es fundamental para prevenir las enfermedades, por lo que es necesario cumplir con los requerimientos nutricionales de cada etapa fisiológica del cerdo, principalmente en las etapas más tempranas para un desarrollo precoz de la microbiota intestinal y de su sistema inmunológico (Stan *et al.*, 2021). Para esto, pueden utilizarse aditivos o suplementos para uso en alimento y agua tales como enzimas, probióticos, prebióticos, simbióticos, micronutrientes, tanto vitaminas y minerales, estimulantes inmunológicos, secuestrantes de micotoxinas y fitobióticos, entre otros, los cuales ayudan en los procesos metabólicos para mantener la salud intestinal y reducir trastornos que alteren la microbiota y la aparición de enfermedades (Li *et al.*, 2018; Pluske *et al.*, 2018).

En la actualidad, se han realizado diversas investigaciones sobre el uso de la fitoterapia en animales, ciencia que estudia los productos de origen vegetal con finalidad terapéutica con el objetivo de prevenir, curar o atenuar un estado patológico. Para esto, es posible utilizar la planta completa o algunas partes de esta, los cuales contienen ciertos componentes o principios activos responsable de su efecto. Algunos de los principios activos que pueden encontrarse en las plantas son: alcaloides, resinas, mucílagos, heterósidos, vitaminas, sales minerales, oligoelementos y aceites esenciales (Gayatri *et al.*, 2017; Krauze, 2021). Esta alternativa permite tratar al animal sin dejar residuos y utiliza sustancias orgánicas, minerales y vegetales para estimular las defensas inmunitarias del organismo (Rodríguez, 2022)

Uso de la fitoterapia en la porcicultura

El uso de plantas con características curativas se remonta a tiempos prehistóricos y ha sido utilizado por muchos años. Aproximadamente el 75% de la población que se encuentra en países en desarrollo depende de este recurso y hoy en día es una de las fuentes terapéuticas utilizadas en varias regiones a nivel mundial (Gijón *et al.*, 2020). En México, se cuenta con zonas de gran potencial para la producción de hierbas finas y alrededor de 4,000 especies de plantas con flores poseen atributos medicinales, las cuales representan una alternativa económica a los cultivos tradicionales. No obstante, sólo el 5% de estas especies han sido evaluadas farmacológicamente para conocer sus principios activos (León, 2015).

Además de proporcionar sabor a los alimentos y tener un aroma agradable, las hierbas aromáticas poseen propiedades nutricionales, expectorantes, antisépticas y medicinales (como antioxidantes, antiinflamatorias e inmunoestimulantes), entre otras. Algunos estudios indican que el uso de estas hierbas aromáticas puede mejorar el rendimiento productivo y la salud de los animales (Loeza-Concha *et al.*, 2020).

Su contenido en sustancias aromáticas o colorantes se encuentran en toda su estructura o en algunas regiones de esta, como frutos, semillas, raíces, cortezas, hojas, pétalos y flores. Una sola planta puede contener de 8 a 10 principios activos (también denominados fitobióticos) y su concentración y calidad dependen de diversos factores como la edad, plantas jóvenes o viejas tienen menor concentración; tipo de suelo, suelos ácidos favorecen producción de alcaloides; así como del tipo de clima, época del año y condiciones de humedad, entre otros (Díaz-Sánchez *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2015).

Estos principios bioactivos o fitobióticos se clasifican en cuatro subgrupos: hierbas, botánicos, oleorresinas y aceites esenciales (Díaz-Sánchez *et al.*, 2015). Son compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de extracción con solventes o destilación con vapor, sin embargo, para que se conserven sus propiedades se deben considerar ciertas condiciones para su recolección, desecación y almacenamiento como infusiones, extractos o cápsulas, entre otros (Ocegueda *et al.*, 2005).

Estos compuestos químicos ejercen una función de defensa, debido a que protegen a las plantas de organismos patógenos u otras plantas, al contener metabolitos secundarios (compuestos fenólicos, terpenoides, alcaloides, etc.) como carvacrol, timol, linalol, eugenol, entre otros (Betancourt *et al.*, 2012). Asimismo, se caracterizan por su hidrofobicidad, siendo solubles en alcohol, éter y aceites fijos, pero insolubles en agua, lo que permite penetrar la membrana celular (Munguía-Xóchihua *et al.*, 2013).

El mecanismo de acción se basa en distintos efectos, entre los que destacan la alteración de la membrana celular, bloqueo de la síntesis de proteínas, reducción del transporte de energía a niveles de ATP, reducción del pH intracelular y coagulación del material proteico en el citoplasma (Vidanarachchi *et al.*, 2005, Chávez-Soto *et al.*, 2021). Al contener múltiples principios activos, el mecanismo de acción se puede potenciar y generar un efecto sinérgico. Debido a lo anterior, el uso de estos fitobióticos y sus efectos no crean resistencia y pueden ser

utilizados como una alternativa al uso de antimicrobianos (**Cuadro 1**).

Origen	Ejemplos	Principio activo	Efecto
Flores	Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>)	Linalol, geraniol	Actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, antihistamínica, antiviral (Caughey-Espinoza et al., 2021)
	Caléndula (<i>Calendula officinalis</i> L.)	Carotenoides, flavonoides y fenoles	Actividad bactericida, cicatrizante, antiinflamatorio (Rodríguez y Álvarez, 2021)
	Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	Fenoles y flavonoides	Propiedad antioxidante y bactericida (Sumaya et al., 2014)
Hojas	Orégano (<i>Origanum majorana</i> / <i>Origanum vulgare</i>)	Carvacrol	Refuerzo en el sistema inmunológico, mejora en calidad de la canal (Loeza-Concha et al., 2020). Actividad antioxidante, antitumoral, antiséptica, digestiva e insecticida, aditivo natural como apoyo y mejora en la productividad, modificador de la digestión (Junco et al., 2022)
	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Cineol	Propiedad antiséptica y antibacteriana (Villarreal et al., 2022)
	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	Timol	Propiedad espasmolítica, antiséptica, antihelmíntico, mucolítico, cicatrizante (Li et al., 2012).
	Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	Flavonoides α -pineno	Actividad antioxidante, antiinflamatoria, insecticida mejora en ganancia diaria de peso (Huang et al., 2010; Flores-Villa et al., 2020)
	Salvia (<i>Salvia officinalis</i>)	Aceite esencial, taninos	Acción antibacteriana, antifúngica y antiviral (Guerra et al., 2008)
	Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>)	Carnova, limoneno	Propiedad antiespasmódica, antiséptica, estimulante, antifúngica, antiemética, antipruriginoso, analgésico, antiinflamatorio y vasodilatador (León, 2015).
Rizomas	Jengibre (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	6-gingerol	Propiedades antioxidantes, analgésicas, antiinflamatorias y antipiréticas (Dugasani et al., 2010)
	Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.)	Curcuminoides	Actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, inmunomodulador, antioxidante (Mesa et al., 2000)
Maderas y cortezas	Canela	Cinamaldehído	Acción antimicrobiana y vasodilatador (Carrizosa, 2014) Mejora en ganancia diaria de peso, disminución en conversión alimenticia (Li et al., 2012)

Cuadro 1

Ejemplos de plantas medicinales y su posible efecto en animales.



Beneficios y propiedades de los fitobióticos

Entre las principales propiedades de los fitobióticos son sus características antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias, además de mejorar la palatabilidad y crear un ambiente adecuado a la microbiota intestinal, lo que genera una mejor salud intestinal y beneficio en la productividad (Martínez *et al.*, 2015). Además, algunos de estos compuestos estimulan la digestión, aumentan la regulación del metabolismo gastrointestinal o mejoran la capacidad de absorción de nutrientes, al estimular la actividad de enzimas digestivas en la mucosa intestinal y en páncreas (Padilla *et al.*, 2009; Rigui *et al.*, 2019).

- Actividad antimicrobiana

Los aceites esenciales tienen mayor efecto contra bacterias Gram positivas, debido a que las Gram negativas tienen una membrana externa que rodea la pared celular y restringe la difusión de compuestos hidrofóbicos a través de la película de lipopolisacárido (Franca y Nascimento, 2015; Bogdanova *et al.*, 2018). Gutiérrez *et al.* (2008) mencionan que estos compuestos químicos han sido eficaces contra bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella typhimurium* y *Clostridium perfringens*.

La principal característica de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, la cual permite dividir los lípidos de la membrana celular de las bacterias, alterando su estructura y haciéndola más permeable (Perea, 2024). Esta permeabilidad está asociada a la pérdida de iones y reducción del potencial de membrana, colapso de la bomba de protones y el agotamiento en las reservas de ATP. Asimismo, estos aceites pueden coagular el citoplasma y dañar los lípidos y proteínas, provocando la muerte celular por apoptosis y necrosis (Díaz-Sánchez *et al.*, 2015; Chávez-Soto *et al.*, 2021).

Con relación a lo anterior, Albado *et al.* (2001) determinaron la actividad antimicrobiana del aceite esencial (Carvacrol) del *Origanum vulgare*, sus resultados mostraron diferentes grados de sensibilidad de bacterias gram negativas como *Escherichia coli*, *Salmonella cholerae suis*, entre otras y bacterias gram positivas como *Staphylococcus aureus*.

Li *et al.* (2012) evaluaron el efecto del suministro de aceites esenciales comerciales (timol y cinamaldehído) en lechones destetados. Los resultados mostraron que la adición de estos en la dieta redujo la aparición de diarrea y disminuyó el recuento de *E. coli* en heces, además, se aumentaron los niveles de inmunoglobulinas y componentes del complemento. A su vez, Franca y Nascimento (2015) evaluaron la composición química del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. (Rutaceae), sus resultados mostraron actividad antimicrobiana contra bacterias gram positivas y gram negativas, siendo las principales bacterias susceptibles *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*.

Cabe destacar, que al usar estos aceites esenciales es importante considerar la composición química de estos, ya que algunos autores informan diferentes rendimientos según el tiempo, método de obtención y tipo de procesamiento desde su recolección hasta su extracción (Franca y Nascimento, 2015).

- Actividad antiparasitaria

Además de su actividad antimicrobiana, el romero ha sido evaluado por su actividad antiparasitaria. Munguía-Xóchihua *et al.* (2013) evaluaron el potencial del orégano molido en la reducción de la carga de huevos de *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo, lo que resultó en una reducción en la carga parasitaria del 64.9% a los

19 días de evaluación. Estos aceites esenciales poseen una actividad biológica capaz de provocar efectos adversos en plagas de artrópodos e insectos como *Musca domestica* (Cañigueral y Vila, 2007).

- *Actividad antioxidante y antiinflamatoria*

El potencial antioxidante varía entre plantas, debido a que depende de la composición y cantidad de metabolitos secundarios (Soto-Domínguez *et al.*, 2012). Elmastas *et al.* (2015) demostraron que la manzanilla contiene compuestos fenólicos con efecto antioxidante. Esta actividad antioxidante se determinó en toda la planta (flor, tallo y hierba entera). Asimismo, se ha evaluado el efecto antioxidante del ajo (*Allium sativum*), en el cuál se observó la disminución en la producción de radicales libres (Ramírez-Concepción *et al.*, 2016). De igual manera, los aceites esenciales de canela, nuez moscada, clavo, albahaca, perejil, orégano y tomillo se caracterizan por tener las propiedades antioxidantes más importantes, siendo el timol y el carvacrol los compuestos más activos en estos (Perea, 2024).

- *Otros usos de los aceites esenciales*

Se tiene evidencia de que el uso de estos favorece los parámetros productivos en los animales (Chávez-Soto *et al.*, 2021), tal es el caso de Tekippe *et al.* (2011) quienes mencionan que la adición de orégano a la dieta en rumiantes obtuvo una mayor producción de leche y disminución de gases de efecto invernadero (GEI).

Al ser especies no rumiantes, los aceites esenciales en cerdos tienen efectos similares que en otras especies como las aves. Sin embargo, los trabajos realizados en esta especie son escasos y se han enfocado a evaluar los indicadores productivos en distintas etapas (Guerra *et al.*, 2008; Miller *et al.*, 2010; Betancourt *et al.*, 2012).

Con relación a esto, se evaluó el efecto de un aceite esencial comercial que contenía timol y cinamaldehído en concentraciones de 50-150 g*ton de la dieta ofrecida a cerdos en crecimiento y se observó una mayor ganancia de peso en comparación con animales testigo (0.43 y 0.37 kg/día, respectivamente) (Fasseas *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2012).

A su vez, el orégano mejora la palatabilidad del alimento logrando incrementos en el consumo, y por tanto en las ganancias diarias y la conversión alimenticia, en todas las fases, incluso en hembras, ya que, manteniendo una buena salud intestinal y respiratoria, las hembras expresan mejor su potencial reproductivo (Guerra *et al.*, 2008). Lo anterior coincide con lo reportado por Ariza-Nieto *et al.* (2011), quienes evaluaron los efectos de suplementar las dietas de cerdas con aceites esenciales de orégano durante la gestación y lactancia, esta adición incrementó la tasa de crecimiento de los lechones.

Los aceites esenciales también pueden ser utilizados como terapia de sostén, ya que se ha demostrado que alivian algunos signos como congestión pulmonar, al tener una función mucolítica y expectorante y contribuyendo a mejorar el sistema inmunológico del cerdo para poder combatir a los patógenos presentes (Perea, 2024).



Factores y limitantes por considerar en el uso de plantas medicinales.

Para que el uso de fitobióticos tenga efectos positivos en animales se deben considerar algunos factores, tales como conocer su efectividad, estabilidad y mecanismo de acción. Se sabe que el efecto o mecanismo de acción de estas terapias naturales es más lento y se requiere de un uso prolongado, sin embargo, a pesar de que algunas de las plantas utilizadas carecen de efectos secundarios y de toxicidad apreciable, existen otras que pueden ser tóxicas para diferentes especies y tener efectos secundarios (Junco et al., 2022). Por lo anterior, es importante que estos productos elaborados a base de plantas sean avalados por estudios científicos para evaluar su efectividad y estabilidad biológica y térmica, tanto en condiciones *in vitro* e *in vivo*, con la finalidad de conocer los efectos adversos al usarlos de manera indiscriminada.

Es importante considerar que estos compuestos sean productos inocuos para el cerdo y el consumidor. Debido a esto, debe tomarse en consideración la interacción entre el cerdo, su microbiota intestinal y el medio ambiente; y es necesario asegurar un uso racional y seguro de estos, al tener en cuenta la dosis apropiada y ciertas características de la especie, como condición fisiológica, raza, tamaño del animal, entre otros.

De igual manera, se deben implementar nuevas investigaciones para evaluar la dosis y concentración a utilizar. Respecto a esto, Soto-Hernández *et al.* (2012) evaluaron la actividad antioxidante del extracto acuoso de orégano a diferentes dosis, siendo la dosis de 160 mg/mL la que presentó mayor actividad antioxidante, sin observarse efectos de toxicidad. Por último, se debe considerar la forma en la que se suministran estos compuestos, ya que pueden ser administrados en el agua o el alimento, mediante aspersión o aplicarse directamente en el animal por vía tópica u otras vías, dependiendo del problema a tratar.

Conclusiones

El uso de alternativas como los fitobióticos para disminuir el efecto que tienen los antimicrobianos en la actualidad demuestra tener grandes bondades en la porcicultura, al incrementar la palatabilidad del alimento o agua consumidos y mejorar la microbiota gastrointestinal. Además, representa una forma accesible y económica para la producción porcina, lo que da como resultado una mejor nutrición, prevención de enfermedades, mejora en el sistema inmune, productividad y efectos antioxidantes, no obstante, es necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones para su uso.

Además, estas alternativas pueden reducir costos de producción y tener un impacto directo en la eficiencia productiva de forma más sostenible, con mejora en la inocuidad del producto final y con beneficio para el consumidor y el ambiente, sin embargo, se requiere de mayor difusión e investigación para generar mayor interés en este tema.

Referencias

1. Albado E., Saez G., Grabiell S. 2001. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Médica Herediana* 12(1): 16-19.
2. Ariza-Nieto C., Bandrick M., Baidoo S., Anil L., Molitor T., Hathaway M. 2011. Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. *Journal of Animal Science*. 89(4): 1079-1089.
3. Betancourt L., Ariza N., Díaz G., Afanador T. 2012. Efecto de diferentes niveles de aceites esenciales de *Lippia origanoides* kunth en pollos de engorde. *Revista MVZ Córdoba*. 17(2): 3033-3040.
4. Díaz-Sánchez S., D'Souza D., Biswas D., Hanning I. 2015. Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science*. 94(6): 1419-1430.

5. Elmastas M., Cinkilic S., Aboul-Enein H. 2015. Antioxidant capacity and determination of total phenolic compounds in daisy (*Matricaria chamomilla*), Fam. Asteraceae). World Journal of Analytical Chemistry. 3:9-14.
6. Escalante D., Montalvo K., Álvarez L., Surco R., Palomino-Farfán J., Calle S., Siuce J. 2022. Detección de genes de resistencia antimicrobiana en aislados de *Escherichia coli* de cerdos de producción con cuadros diarreicos. Rev Inv Vet Perú. 33(5): e23795.
7. Fasseas M., Mountzouris K., Tarantilis P., Polissiou M., Zervas G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. Food Chem. 106: 1188-1194.
8. Franca O., Nascimento A. 2015. Chemical composition and antibacterial activity of *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) volatile oils, from São Luís, Maranhão, Brazil. South African Journal of Botany. 99:103-106.
9. Fuentes, V. 2011. Medicina alternativa para el cuidado de la salud en la producción animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila. 49pp.
10. Gijon D., Reyes-Becerril M., Armenta J., Junco E., Angulo C. 2020. Uso de hierbas aromáticas en la producción animal. Recursos Naturales y Sociedad. 6(2): 23-29.
11. Guerra A., Carlos M., Galán O., Méndez A., Jonh J., Murillo E. 2008. Evaluación del efecto del extracto de orégano (*Oreganum vulgare*) sobre algunos parámetros productivos de cerdos destetos. Revista Tumbaga. 3: 16-29.
12. Gutiérrez J., Ryan B., Bourke P. 2008. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. International Journal of Food Microbiology, 124: 91-97.
13. León M. 2015. Inclusión de hierbabuena, tomillo y orégano en la alimentación de conejos como desparasitante natural. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tesis de Licenciatura. Puebla, México. 73pp.
14. Li S., Ru Y., Liu M., Xu B., Péron A., Shi X. 2012. The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. Livestock Science. 145(1-2): 119-123.
15. Loeza-Concha H., Salgado-Moreno S., Ávila-Ramos F., Gutiérrez-Leyva R., Domínguez-Rebolledo A., Ayala-Martínez M., Escalera-Valente, F. 2020. Revisión del aceite de orégano spp. en salud y producción animal. Abanico Agroforestal. 2:1-22.
16. Martínez R., Ortega M., Herrera J., Kawas J., Zarate J., Robles R. 2015. Uso de aceites esenciales en animales de granja. Asociación Interciencia. 40(11): 744-750.
17. Munguía-Xóchihua J., Valenzuela-Medrano W., Leyva-Corona J., Morales-Pablos M., Figueroa-Castillo J. 2013. Potencial del orégano como alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 9(1):150-154.
18. Ocegueda S., Moreno E., Koleff P. 2005. Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. CONABIO. Biodiversitas. 62:12-15.
19. Olaechea F. 2005. Ecto y endoparásitos: Epidemiología y control. Sitio Argentino de Producción Animal. Seminario de Actualización en Ovinos – INTA Bariloche.

20. Peñafiel J. 2017. Prevalencia de parásitos gastroentéricos en cerdos de traspatio en el municipio de Zumpahuacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. 40pp.
21. SENASICA. 2023. Guía del buen uso de antimicrobianos en cerdos. México. 23pp.
22. Soto-Domínguez A., García-Garza R., Ramírez-Casas Y., Morán-Martínez J., Serrano-Gallardo L. 2012. El extracto acuoso de Orégano (*Lippia graveolens* HBK) del Norte de México tiene actividad antioxidante sin mostrar un efecto tóxico in vitro e in vivo. *International Journal of Morphology*. 30(3): 937-944.
23. Tekippe, J., Hristov A., Heyler K., Cassidy T., Zheljazkov V., Ferreira J., Karnati S., Varga, G. 2011. Rumen fermentation and production effects of *Origanum vulgare* L. leaves in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 10 (94): 5065-5079.

Capacitación de personal bajo el modelo de competencias en el sector porcino

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las compañías porcinas, independientemente de su tamaño, están buscando estabilizarse o crecer en un mercado que demanda continuamente una mayor calidad de los productos, costos más bajos y ciclos estables de venta. Una clave importante para lograrlo es mejorar constantemente su desempeño productivo. En este sentido, las empresas han invertido en tecnología y en mejorar sus procesos, sin embargo, el componente estratégico más importante, que es la calidad de la fuerza de trabajo, se ha mantenido con un rezago de profesionalización que pone en riesgo la ventaja competitiva del sector.

Hoy por hoy, es común observar que en otras industrias se ejerza una presión fuerte sobre las organizaciones y líderes, para equipar y conservar a su fuerza laboral con conocimientos y capacidades que los mantengan competitivos en el mercado. En el segmento pecuario, las empresas porcinas luchan por mantener el paso, pues aún, existen algunas que están muy lejos de lo que sería lo más conveniente en cuanto a programas de capacitación y desarrollo.

Esto debido, a que las empresas constantemente se enfrentan con situaciones que cambian la dinámica natural de sus organizaciones, como lo son: la rotación de personal; el ingreso de nuevos trabajadores; el desajuste de las competencias de los trabajadores con respecto a nuevas exigencias; movimientos internos de personal por traslados y ascensos, así como, cambios tecnológicos y organizacionales dentro de las empresas (Martínez & Martínez, 2019).

Muchos de estos desafíos generalmente pueden ser causados, ya sea por las fallas en el sistema o proceso de contratación (si es que existen), o, porque las personas que ingresan a las granjas (principalmente las del nivel operativo) tienen un nivel marginal de habilidades y conocimientos previos, dejando a la nueva empresa con la necesidad de crear y ejecutar programas más amplios de capacitación y desarrollo (Mondy, 2010).

Mucho se habla sobre este tema, porque se ha vuelto clave para ayudar a resolver problemas existentes o latentes que afectan la eficiencia productiva y el clima organizacional (Martínez & Martínez, 2019), sin embargo, en una gran mayoría del sector porcino, los programas actuales no siempre logran vincularse con las necesidades reales del mercado y en menor medida, con las necesidades de capacitación del propio individuo; lo que los convierte en programas poco diversos o flexibles que realmente se adaptan a la situación actual.

Si bien, la capacitación (en términos simples) satisface necesidades presentes y prevé necesidades futuras respecto de la preparación y habilidad de los colaboradores, también tiene el reto de hacer visible sus alcances e impactos en la estrategia del negocio (Siliceo, 2015). Por su puesto, para esto es importante tener un objetivo empresarial claramente definido para el resultado, pues es imposible evaluar la eficacia de la actividad si no se cuenta con un propósito claro. Se dice que la capacitación no cuesta, sino que es una inversión, pero poco se sabe sobre el rol que tiene ante un desafío interno, por eso se dificulta tanto la aprobación del presupuesto y el visto bueno de los decisores, para su implementación. En el día a día de las granjas, es común que se den capacitaciones principalmente técnicas (vemos mucha oferta en temas de sitio 1), que no tiene previsto el resultado final deseado, es decir, no siempre hay claridad sobre los conocimientos y comportamientos que se esperan de dichos aprendizajes.

En otras palabras, para que los contenidos de una capacitación puedan transferirse a las rutinas de trabajo no basta con una adecuada calidad intrínseca, pues como esta actividad promueve un cambio de *status-quo*, se requiere un sustento organizativo que lo avale, es decir, para que un conocimiento potencialmente operable sea llevado a la acción, se necesita una red de acuerdos organizacionales que le dé sustento, legitimidad y lo institucionalice (Heinz, 2007).



De esta forma, las inversiones en capacitación y desarrollo podrán dejar de ser “un gasto”, cuando los planes de formación se diseñen en relación con la estrategia de la organización, pero no cortoplacista, sino, teniendo la vista puesta en el 2030 o 2040, en ese futuro incierto, cambiante, donde se seguirán viendo retos para mantener a las granjas libres de enfermedades y produciendo sosteniblemente. Será hasta ese momento, en que las organizaciones demuestren su capacidad para accionar, dependiendo en gran medida de que hayan reducido las brechas entre los puestos actuales y las necesidades de los puestos futuros (Alles, 2019).

CONTENIDO

El presente tema se aborda desde un enfoque general de Recursos Humanos, pues, no se encontró literatura previa que lo documentará desde una perspectiva del área pecuaria. Y dado que el tema de **modelo de**

competencias es muy amplio, en este documento solo se acotarán ideas generales en cuanto a:

- Objetivo del modelo de competencias
- Definición de competencia.
- Tipos de competencias.
- Características.
- Modelo de competencias.
- Determinación de las necesidades de capacitación y desarrollo.
- Evaluación de las capacitaciones bajo el modelo de competencias.

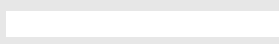
Objetivo del modelo de competencias

Entrando en materia, es usual que las organizaciones porcinas sólo incluyan en sus planes de capacitación formaciones técnicas, las cuales pueden ser muy necesarias, pero, para tener éxito en un puesto de trabajo, no son suficientes.

Para realmente generar cambios en las actitudes de los trabajadores, se deben complementar con planes de formación que tomen en cuenta varias de las necesidades que tienen las empresas y los individuos.



“Por lo tanto, se deben tomar en cuenta dos grandes actividades (Alles, 2005), detectar las necesidades de capacitación para adquirir nuevos conocimientos y contemplar las acciones para lograr el desarrollo de las habilidades.”



Ciertamente, para alcanzar lo antes mencionado, se debe contar con un modelo de gestión por competencias, que si bien, no es una herramienta nueva, cada día está creciendo su importancia en el mundo empresarial, pues su implicancia está orientada en impulsar a nivel de excelencia las competencias individuales de los trabajadores, de acuerdo con las necesidades operativas de la organización, ofreciendo un estilo de dirección en el que prima el factor humano, pues cada uno debe aportar sus mejores cualidades profesionales y personales a la organización (Becerra & Campos, 2012).

De esta forma, se cumple su principal objetivo, el cual refiere a gestionar el capital humano integralmente, de una manera más efectiva dentro de la organización. Lo cual permite: generar un proceso de mejora continua en la calidad del trabajo; asignar y gestionar los recursos humanos; contribuir en el desarrollo profesional de las personas y de la organización en un entorno cambiante; e impactar positivamente en la toma de decisiones de forma objetiva (Ernst & Young Consultores, s.f).

Definición de competencia



Para desarrollar un modelo de competencias, se debe clarificar que una competencia puede abordarse desde ciertos criterios. Por ejemplo, para la autora Alles (2006), el término competencia hace referencia a características de personalidad, devenidas en comportamientos, que generan un desempeño exitoso en un puesto de trabajo. Mientras que, para Martínez y Martínez (2009), la competencia se puede considerar como esa cualidad personal e intransferible que está referida a la realización de un trabajo determinado, con un nivel de calidad aceptable y en un ambiente de trabajo apropiado.

Tipo de competencia

Para Alles (2009), las competencias se pueden dividir en cardinales, específicas (gerenciales) y por áreas. Las cardinales son aplicables a todos los integrantes de la organización y se enfocan en resaltar y alinear a los colaboradores a la estrategia organizacional (misión, visión y valores). Las competencias específicas se aplican a los colectivos particulares de un área de la organización o un cierto nivel, por ejemplo, el gerencial, mientras que las competencias por área generalmente están relacionadas con aspectos técnicos, por ejemplo, un operario de maternidad debe dominar los procesos de atención a parto, destete, entre otros. En adición, para Cuesta (2010), existen competencias básicas o primarias y secundarias o complejas. Las primarias están asentadas en aptitudes (razonamiento abstracto, expresión verbal, entre otros), rasgos de personalidad (ascendencia, autoconfianza, entre otras) y actitudes (predisposiciones al riesgo, buen sentido del humor, entre otras). Mientras que las secundarias, están basadas en dimensiones complejas comprendiendo varias competencias primarias (capacidad de negociación, liderazgo, planificación, etc.). Estas últimas son las que se asumen al conformar los perfiles de competencias, diferenciándolas -si así se necesitara- sólo en técnicas y directivas.

Características de las competencias

Es importante considerar que, las competencias para ser consideradas en el modelo deben tener como características los siguientes aspectos (Ernst & Young Consultores, s.f):

1. Deben considerar la situación actual (necesidades y posibles deficiencias de la organización) y futura de la empresa (plan de desarrollo o evolución que alcanzará).
2. Deben ser operativas, codificables y manejables. Pues, es necesario que cada competencia cuente con una escala de medición que se obtenga de manera clara y sencilla. Las cualidades no deben ser atributos abstractos, por el contrario, toda competencia debe tener la facultad de proporcionar una información que pueda ser medida y clasificada.
3. Deben utilizar un lenguaje y unos conceptos estándares en la organización, con el objeto de que todas las personas conozcan lo que se espera de ellos y el sistema con el que serán evaluadas.
4. Deben ser de fácil identificación (por ejemplo, por nivel o grado) para facilitar su estudio o análisis.

Modelo de competencias

Un modelo de competencias es un conjunto de procesos relacionados con las personas que integran la organización y que tiene como propósito alinearlas en pro de los objetivos organizacionales o empresariales (Alles, 2006).

Para su construcción e implementación, se deben considerar los siguientes pasos:

1. Partir de la información estratégica de la organización, como lo es su misión, visión, modelo de valores y la estrategia del negocio.
2. Definir las competencias, por la máxima dirección de la compañía.
3. Probar las competencias en un grupo de ejecutivos de la organización.
4. Validar las competencias.
5. Diseñar los procesos de recursos humanos por competencias.

Para lograr implantar la gestión por competencias se requiere (Mondy, 2010):

- a) Asignar claramente a cada puesto de trabajo, el tipo de competencias que se desea observar, así como el grado o nivel en que se debe dominar.
- b) Analizar o evaluar las competencias del personal según su puesto de trabajo.
- c) Determinar las necesidades específicas de capacitación.
- d) Fijar los objetivos específicos que se esperan lograr, los cuales deben estar sujetos a una revisión periódica.
- e) Determinar los métodos más apropiados de capacitación, así como el sistema de implementación y transmisión que se usará.
- f) Fijar el método de evaluación, buscando que sea continuo, para asegurar su valor en el logro de los objetivos organizacionales.

Determinación de las necesidades de capacitación y desarrollo

El concepto de necesidades de capacitación es, según Martínez y Martínez (2009), simple, claro e intuitivo y se puede originar por las carencias o fallas, actuales o potenciales, que presenta un individuo en cuanto a su competencia o voluntad para realizar un trabajo.

Estas carencias pueden ser corregidas a través de un proceso de enseñanza-aprendizaje sistemático con objetivos definidos y evaluables. Las carencias a las que refiere el concepto de **necesidades de capacitación** tienen que ver con las siguientes áreas de la competencia laboral:

- **Conocimientos.** Capacidad del individuo para identificar, reconocer, describir y relacionar objetos - concretos o abstractos- en el ámbito de su trabajo.
- **Habilidades intelectuales.** Capacidad del individuo para aplicar los conocimientos y el juicio en la ejecución de sus funciones y la solución de los problemas del trabajo. Las habilidades intelectuales se refieren al saber hacer.
- **Habilidades sicomotoras.** Destrezas operativas del individuo para realizar movimientos rápidos, seguros y precisos en el trabajo, mediante una acción combinada de facultades físicas, sensoriales y mentales.
- **Habilidades interpersonales.** Capacidad del individuo para interactuar con otras personas en el trabajo, a fin de comunicarse, persuadir, entretener, supervisar, enseñar, negociar o aconsejar. Estas habilidades suponen características de personalidad y del dominio de técnicas de comunicación que pueden ser desarrolladas y aprendidas a través de la capacitación.
- **Disposición anímica en el trabajo.** Tiene que ver con los factores que influyen en el estado de ánimo y la voluntad de los trabajadores; incluyen principalmente las actitudes, creencias, percepciones, valores y la motivación relacionada con las recompensas y exigencias del trabajo.

Por lo tanto, la detección de las necesidades de capacitación implica comparar lo que un trabajador debe saber hacer, poder hacer y querer hacer, con lo que efectivamente sabe hacer, puede hacer y quiere hacer.



Ante un problema de desempeño insatisfactorio es recomendable analizar las causas y evaluar soluciones alternativas, pues el desempeño de los trabajadores puede hallarse obstaculizado por condiciones técnicas u organizacionales inadecuadas, ajenas a su competencia y disposición anímica; y en tal caso la capacitación no será efectiva.

A la inversa, la incompetencia puede ser la causa del bajo desempeño laboral; y en tal caso cualquier mejora técnica u organizacional tendrá efecto por sí sola (Martínez y Martínez, 2009). Por ello es importante, no solo ver la punta del iceberg, sino entender, que el desempeño depende de los conocimientos, habilidades y comportamientos de los trabajadores, los cuales deben explorarse a un nivel más profundo.

Evaluación de las capacitaciones bajo el modelo de competencias

Las organizaciones han adoptado varios enfoques para valorar los programas de capacitación. Para Mondy (2010) se ejemplifica con el modelo de Kirkpatrick, el cual evalúa el desempeño según diferentes actividades como lo son: la opinión de los participantes, el nivel de aprendizaje adquirido, la transferencia de la capacitación

al puesto de trabajo y el logro de los objetivos de las capacitaciones y planes de desarrollo. Mientras que, para Martínez y Martínez (2009) la competencia de una persona se puede evaluar al observar su comportamiento en condiciones reales o simuladas de trabajo (“competencia observada”) o indirectamente midiendo los factores que determinan el comportamiento de la persona (“competencia inferida”). De tal forma que, existe mayor certeza del desarrollo de una competencia cuando se cumplen los comportamiento relacionados con la misma (se deben identificar previamente cuáles son los comportamientos importantes en un trabajo, lo que puede ser más difícil que identificar los factores que auguran un desempeño laboral exitoso). A menudo, la combinación de ambos enfoques -prueba directa de comportamientos y evaluación de los factores de competencia- permiten lograr un buen equilibrio entre el costo y la eficacia de los procesos para evaluar la competencia de las personas.

“

Dependiendo de lo que resulte del evaluar las capacitaciones, pueden surgir varios escenarios claves: decidir si un programa debe continuar, decidir si un programa debe modificarse y determinar qué valor está generando dicha capacitación.

No se debe entender que la empresa deba cambiar o despedir al personal, si el resultado de la medición no es el esperado, simplemente tendrá más información que los oriente en el qué hacer, por ejemplo, desarrollar competencias técnicas de los operarios de los sitios 2-3; cambiar de sitio área a algunos supervisores o, desarrollar las habilidades gerenciales de los gerentes de producción. (Alles, 2006).

CONCLUSIONES

En una industria cambiante como la nuestra, donde los desafíos existen todo el tiempo, ya sea por temas sanitarios, por cambios en los costos de grano, baja en el precio del cerdo, entre otras, las empresas porcinas que logren gestionar correctamente sus recursos humanos se beneficiarán de una sólida ventaja competitiva, pues el éxito de una organización se basa en la calidad y en la disposición de un equipo humano. Cuanto mejor integrado esté el equipo y más se aprovechen las cualidades de cada uno de sus integrantes, más fuerte será la empresa, eso es la gestión por competencias (Ernst & Young Consultores, s.f).

Y para que este enfoque sea posible se requiere una dirección global que tenga una visión completa de la empresa, que sea capaz de integrar adecuadamente los equipos de trabajo y de dirigirlos hacia el logro de los objetivos planteados en función de los retos y de las oportunidades del entorno. Si los brazos y las manos de la organización son las personas que la integran, es necesario conocer las competencias que cada puesto exige y las que cada persona ofrece (Ernst & Young Consultores, s.f). Y son razones suficientes para justificar el impacto de la capacitación a nivel laboral o comercial.

También, se debe tener en mente que la capacitación es solo una parte del modelo de gestión por competencias, la cual permite que el modelo por sí solo sea una herramienta objetiva que logra medir el esfuerzo formativo de la gestión por tipo de perfiles y que permite generar una cultura de movilidad al premiar la adquisición de competencias mediante el desempeño de diversas ocupaciones (Becerra & Campos, 2012), pero que también debe considerar, que, aunque el programa sea perfectamente concebido se enfrentará con otros retos y es probable que fracase si la administración no logra convencer a los participantes de sus méritos.

Los empleados deben creer en el valor del programa como una herramienta que los ayudará a lograr sus metas personales y profesionales, por lo tanto, organizarse como una compañía que motiva a sus empleados para continuar creciendo y para aprender, es una ventaja fundamental en el reclutamiento, pues las organizaciones que tienen la reputación de ser líderes en el aprendizaje atraen a un mayor número de empleados mejor calificados. Las organizaciones con sistemas competitivos de remuneración o planes progresivos de salud y seguridad encontrarán más fácil atraer a empleados más competitivos y retener a los empleados que requieren menos capacitación (Mondy, 2010).

Como gremio aún tenemos mucho por explorar sobre este tema, por ejemplo, hemos reflexionado sobre: ¿de qué forma hoy en día, estamos contribuyendo para mejorar las competencias laborales de los colaboradores de granjas porcinas?, ¿estamos diagnosticando y atendiendo las brechas de desarrollo del personal?, ¿qué tipo de acompañamiento estamos ofreciendo a los capacitantes para asegurar la mejora de sus habilidades y conocimientos?, ¿cómo estamos diseminando los conocimientos a lo largo de la estructura operativa, a fin de mejorar los indicadores productivos de cada área de trabajo? En conclusión, debemos seguir poniendo sobre la mesa este tipo de temas, pues desarrollar el “saber hacer” de las personas, puede lograr el éxito dentro de su puesto, pues influye en algunos factores de su desempeño, particularmente en los relacionados con la conciencia de su rol en la organización, sus competencias y su disposición anímica en el trabajo.

REFERENCIAS

1. Martínez, E. & Martínez, F. (2009). Capacitación por Competencia, Principios y Métodos.
2. Mondy, W. (2010). Administración de recursos humanos. Prentice- Hall.
3. Heinz, M. (2007). La capacitación como recurso dinamizador del cambio organizacional. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Posgrado.
4. Becerra, M. & Campos, F. (2012). El enfoque por competencias y sus aportes en la gestión de Recursos Humanos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Psicología.
5. Alles, M. (2019). Formación, capacitación, desarrollo. 1ra edición. Granica S.A.
6. Ernst & Young Consultores (s.f). Gestión por competencias. Manual del director de Recursos Humanos. <https://formaciónhumana.files.wordpress.com/2008/6/competencias.pdf>. Pagina 5.
7. Siliceo, A. (2015). Capacitación y desarrollo de personal. Limusa.
8. Alles, M. (2006). Dirección estratégica de recursos humanos: gestión por competencias: (2ª ed.). Granica.
9. Alles, M. (2009). Diccionario de comportamientos. La trilogía Vol. 2: 1500 comportamientos relacionados con las competencias más utilizadas. (1ª ed.). Granica.
10. Cuesta, A. (2010). Gestión del talento humano y del conocimiento. (2ª ed.). Ecoe Ediciones.
11. Alles, M. A. (2005). Desarrollo del talento humano: basado en competencias: (1ª ed.). Granica.

Evaluación del uso racional de preparados de enrofloxacin administrados en el agua de bebida y por vía intramuscular

Román E¹, Gutiérrez O², Sumano H¹, Gutiérrez L¹

¹ Departamento de fisiología y farmacología veterinaria Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia FMVZ-UNAM,

² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina CEIEPP

INTRODUCCIÓN

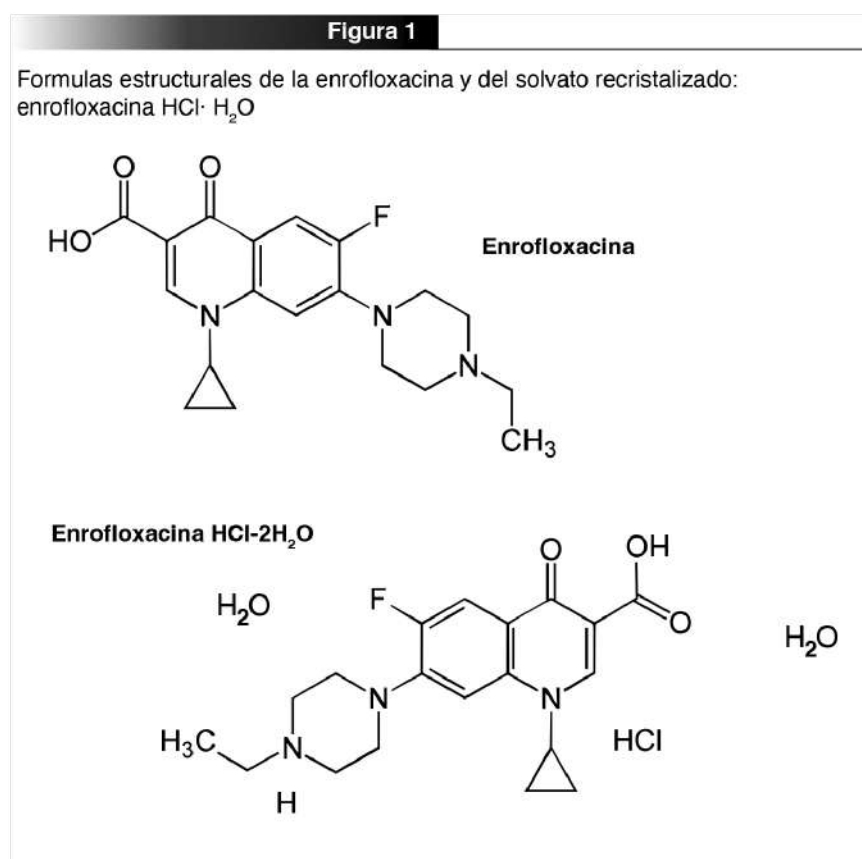
El objetivo de cualquier terapia antimicrobiana es proporcionar un fármaco eficaz para obtener una recuperación rápida de la infección en los animales afectados, pero reduciendo la probabilidad de generar resistencia a los antimicrobianos. Debido al surgimiento de resistencias bacterianas en medicina veterinaria y humanas se han estado aprobando nuevas legislación para el uso de medicamentos veterinarios en el mundo, donde se ha prestado especial atención a los antimicrobianos. En particular, la selección de las familias de antimicrobianos utilizados en la producción animal es un punto clave para cumplir con el enfoque de una sola salud para estos medicamentos. Estas nuevas normatividades implican que los veterinarios deben justificar el uso de antimicrobianos y la selección del antimicrobiano para tratar una enfermedad bacteriana siguiendo el uso prudente de antimicrobianos, en la clínica antibacteriana de cerdos es una práctica común la dosificación tanto en agua de bebida como en alimento, sin embargo, la falta de conocimiento en variables como dosis, cálculos de consumo de agua y alimento, palatabilidad del producto administrado, etc., pueden provocar subdosificaciones ya que no se asegura que el animal haya consumido una dosis terapéutica, además de la falta de control en los tiempos de redosificación, lo que dificulta el uso racional de antibacterianos “relación farmacocinética/farmacodinamia (PK/PD)”.

El uso correcto de antibacterianos es primordial en la producción porcina para el control de enfermedades, por lo cual, es necesario comprender los conceptos PK/PD de cada familia antibacteriana y ajustar los esquemas de dosificación de acuerdo con la clasificación del fármaco, ya sea tiempo dependiente como las penicilinas y macrólidos, o concentración dependiente como los aminoglucósidos y fluoroquinolonas; de esta última familia resalta la enrofloxacin cuya eficacia clínica en cerdos depende de lograr una concentración plasmática máxima (C_{max}) de al menos 10 – 12 veces mayor que el valor de la concentración mínima inhibitoria del patógeno a tratar (C_{max}/CMI $\geq$ 10-12) y que el área bajo la curva de concentración sérica en el tiempo (24 horas) dividida por la CMI, sea mayor a 120 (AUC₀₋₂₄/CMI $\geq$ 120) (1), esto al administrarse por vía intramuscular o subcutánea a dosis de 7.5mg/kg de acuerdo con la FDA(2); es probable que dosis más altas, confieran relaciones C_{max}/CMI asociadas con una mayor eficacia clínica.

Dentro de la familia de fluoroquinolonas, la enrofloxacin es una de las más utilizadas en el ámbito veterinario, por su espectro y potencia antibacteriana, sin embargo su palatabilidad es baja y debido a su pH tan alto (pH 13) no se recomienda por vía intramuscular dado el grado de irritación que induce en el sitio de administración. La biodisponibilidad de la enrofloxacin vía oral es baja (< 60), se ha demostrado de manera experimental la absorción de enrofloxacin vía oral (PO) en cerdos mediante sonda gástrica (3), sin embargo, debido a que la

biodisponibilidad se reduce drásticamente, tanto por el metabolismo de primer paso que modifica al fármaco siguiendo las rutas de oxidación y glucuronidación, como por el rechazo de los cerdos a el agua medicada, no se recomienda su administración por esta vía (4). A pesar de ello, en México es común que grandes producciones porcícolas administren preparados de enrofloxacin a dosis muy baja (2.5 mg/kg) debido a la baja palatabilidad que está tiene, siendo estas dosis tan bajas la ñúnica forma de que uncerdo pueda aceptar su consumo, como contraste estos mismos preparados se administran en producción avícola a dosis de 10 mg/kg.

La Enrofloxacin HCL·2H₂O (Enro-C) (Patente UNAM: MX/a/2013/014605; Instituto Mexicano de la Protección Industrial, CdMx) **[Figura 1]** por sus características fisicoquímicas, se le considera un solvato recristalizado con mayor solubilidad en agua y una notable reducción del sabor amargo en comparación con la enrofloxacin base, además de que ha mostrado una mayor biodisponibilidad al administrarse por vía oral en pollos (5). Además de esto, la nueva forma cristalina de enrofloxacin es altamente hidrosoluble, lo cual le permite disolver fácilmente en agua, gracias a lo cual las formulaciones de este nuevo solvato para administración IM o SC no son irritantes (pH 6 – 6.3).



Con la finalidad de evaluar la eficacia en términos de relación PK/PD de la enrofloxacin comercial (Enro-B) y la enrofloxacin HCL·2H₂O (Enro-C), se determinará su farmacocinética después de la administración por vía IM y mediante el agua de bebida.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR: Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión de Producción Porcina (CEIEPP) ubicado en el Km. 2 de la carretera Jilotepec-Corrales, en Jilotepec, Estado de México.

ANIMALES: 72 cerdos de 5 semanas de edad clínicamente sanos, sin medicación previa al momento del estudio, con un peso promedio de $10\text{kg} \pm 2\text{kg}$, Se dividieron en 6 grupos mixtos (hembras y machos) de 12 cerdos cada uno, en ninguno de los grupos hubo restricción o cambios en el alimento, ya que se siguieron los parámetros de alimentación de la granja. El agua de bebida se ofreció ad libitum en los grupos 1-4, mientras que en el grupo 5 y 6 se retiró el suministro de agua cuatro horas antes de iniciar el protocolo para asegurar un consumo y medicar de forma adecuada.

ADMINISTRACIÓN DEL FÁRMACO. A los grupos Enro-B₅ y Enro-B₁₀ se les administró enrofloxacin de referencia vía IM a una dosis de 5 mg/kg y 10 mg/kg Para los grupos Enro-C₅ y Enro-C₁₀ se utilizó enrofloxacin HCL·2H₂O (10%) a la misma dosis y vía de administración que los dos grupos anteriores.

El tratamiento para los Enro_{agua} y Enro-C_{agua} se administró en el agua de bebida mediante contenedores cilíndricos con chupones con un flujo de agua de 2 a 4 litros por minuto, se realizaron calculos para conseguir una dosis de 10 mg/kg de acuerdo con el consumo de agua en esta etapa productiva.

PRODUCTO: La Enro-B producto comercial 10%. La enro-C que se realizó en el laboratorio de investigación 2317 de la FMVZ-UNAM de acuerdo con lo establecido en la patente No.MX/a/2013/014603.

TOMA DE MUESTRAS: Para los grupos 1- 4 se tomaron muestras de sangre de 4 cerdos por grupo en cada tiempo de muestreo realizados a los 45min, 1h, 2h, 3h, 4h, 6h y 8h después de administrado el fármaco. En los grupos 5 y 6 la toma de muestras se realizó a las 1h, 2h, 4h y 6h de iniciado el tratamiento además de observar el consumo de agua.

PROCESAMIENTO DE MUESTRAS: El suero se evaluó por el método de Bennett (6) un estudio cualitativo/cuantitativo basado en una prueba de actividad/concentración empleando como microorganismo susceptible a E. coli ATCC 10536.

PROCESAMIENTO FARMACOCINÉTICO: modelo monocompartamental utilizando el programa Pk Analyst

ANALISIS ESTADISTICO: ANDEVA y TUKEY. En programa estadístico JMP 5.0.1

RESULTADOS

En las variables farmacocinéticas para Enro-C y Enro-B vía IM se puede observar una diferencia en el AUC y la C_{max} logradas por Enro-C en comparación con las alcanzadas por Enro-B, siendo mayor en la Enro-C a dosis de 10mg/kg, se observa también que esta tarda más tiempo en alcanzar la C_{max} y tiene $T_{1/2\beta}$ más corta que las obtenidas por Enro-B a 10 mg/kg (**Cuadro 1 y Figura 1**).

Cuadro 1

Promedio de los parámetros farmacocinéticos clave, obtenidos a partir de las concentraciones séricas de Enro-C y Enro-B a dosis de 10mg/kg vía IM, 5mg/kg IM y 10mg/Kg vía agua de bebida.

Grupos	C _{max} (µg/mL)	T _{max} (h)	AUC _{0-∞} (µg/mL/h)	T1/2β (h)
Enro-C₁₀	3.06 ^a	1.63 ^a	13.52 ^a	1.16 ^a
Enro_{b10}	2.18 ^b	0.65 ^b	8.73 ^b	2.29 ^b
Enro-C₅	1.40 ^c	1.37 ^a	5.32 ^c	1.02 ^a
Enrob5	0.87 ^d	1.51 ^a	3.66 ^d	1.35 ^a
Enro-C_{agua}	0.15 ^e	3.12 ^c	1.23 ^e	2.14 ^b
Enro_{agua}	0.07 ^f	3.34 ^c	0.59 ^f	2.31 ^b

C_{max} = Concentración plasmática máxima; T_{max} = Tiempo en el que se logra la C_{max}; AUC= Área bajo la curva;
T_{1/2β} = Vida media de la fase post-distribución.
Diferentes literales significan diferencias estadísticas entre grupos.

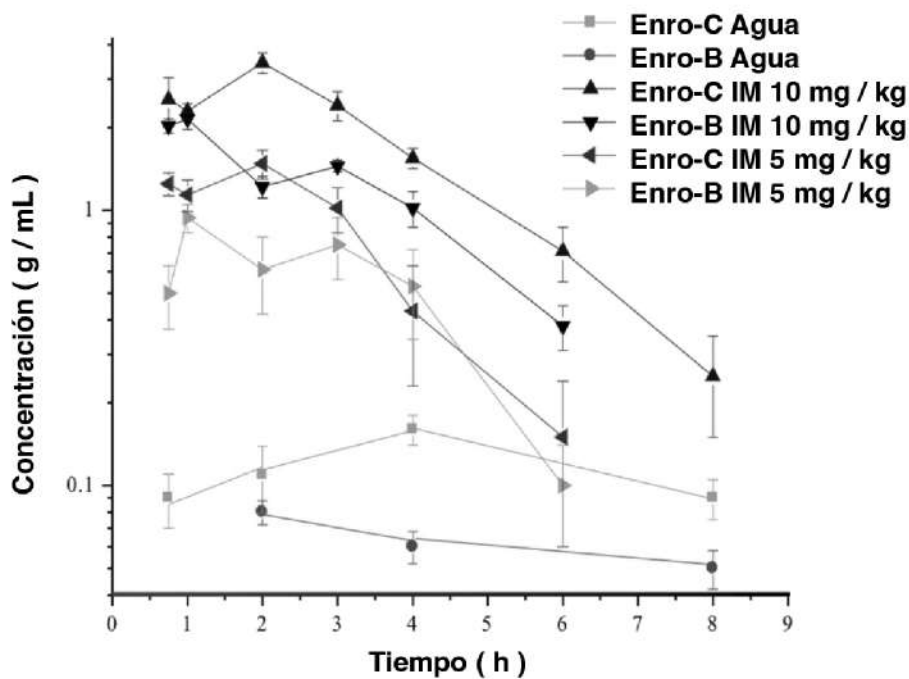
En los grupos tratados mediante el agua de bebida hubo una reducción en el consumo tras la administración de ambos tratamientos, para el caso de la Enro-C el consumo total se redujo un 60% y para la Enro-base la reducción fue del 75% por lo cual las concentraciones logradas se encuentran muy por debajo de lo esperado para cumplir con los parámetros farmacocinéticos (**figura 1) (cuadro1)**

Al realizar una comparación grafica de las composiciones administradas vía IM y PO es evidente una menor concentración sérica en aquellas que se administraron mediante el agua de bebida, además de que la enro-C a 10 mg/Kg muestra las concentraciones más altas de entre todas las vías comparadas (**Figura 1)**

Figura 1

Media $\pm$ 1DE de las concentraciones de enrofloxacin en suero de cerdos a partir de inyecciones IM de dos derivados: Enro-B y enrofloxacin HCl-2H₂O (Enro-C) a dosis de 5 mg/kg y 10 mg/kg; y en agua de bebida: Enro-B y enrofloxacin HCl-2H₂O (Enro-C) a dosis de 10 mg/kg.

Escala Log₁₀/aritmética en Y y X, respectivamente.



DISCUSIÓN

Se evaluaron las concentraciones de enrofloxacin en suero porcino a partir de la administración de Enro-C y Enro-B, con la finalidad de comparar las concentraciones séricas logradas y determinar si cumplen con los parámetros farmacocinéticos y una adecuada relación PK/PD para una máxima eficacia terapéutica en cerdos.

Los resultados obtenidos tras la administración de enrofloxacin vía IM a dosis de 10 mg/kg indican que el grupo tratado con Enro-C logró mayores concentraciones séricas mostrando una C_{max} de 3.05 μ g/mL y un AUC de 13.53 μ g/mL/h, en comparación a las alcanzadas por Enro-B, en las que se obtuvo una C_{max} y un AUC de 2.17 μ g/mL y 8.73 μ g/mL/h, respectivamente. Dado que, la eficacia clínica para la enrofloxacin está ligada con C_{max} lo suficientemente elevada para superar de 10 a 12 veces la CMI del patógeno involucrado. lo cual es un requisito en la relación PK/PD de enrofloxacin y se expresa como $C_{max}/CMI \geq 10-12$ (7).

Si se considera la CMI para enrofloxacin de un microorganismo sensible como *E. coli* con 0.06 μ g/ml (1) se requiere entonces una C_{max} de 0.6 μ g/ml a 0.72 μ g/ml para tener una eficacia terapéutica óptima. De acuerdo con los resultados de este estudio ambos compuestos podrían asegurar una eficacia terapéutica adecuada. En cambio si consideramos un organismo menos sensible como *A. pleuroneumoniae* cuya CMI es de 0.25 μ g/ml (1), la C_{max} necesaria es de 2.5 μ g/ml a 3.0 μ g/ml y la Enro-B no aseguraría una eficacia terapéutica óptima para este microorganismo y tampoco se obtendrían concentraciones terapéuticas si se administra cualquiera de los

preparados de este ensayo a dosis de 5 mg/kg ya que sus C_{max} se encuentran por debajo de la relación $C_{max}/CMI \geq 10-12$ comentada.

Es importante mencionar que la administración de los preparados en agua de bebida provocó una baja su consumo, a pesar de que esta fue restringida antes de iniciar el estudio; con las concentraciones plasmáticas logradas por esta vía no se obtuvo un valor de C_{max} que pueda sugerir una relación PK/PD adecuada por lo que la eficacia terapéutica se vería comprometida. Por lo tanto, se postula que la administración de enrofloxacinas en el agua de bebida es poco útil. Es necesario señalar que tampoco se logran concentraciones adecuadas de AUC como para satisfacer el criterio PK/PD de $AUC/CMI \geq 120$.

Las consideraciones anteriores resultan relevantes si se pondera que existen preparados de enrofloxacin en avicultura para aplicar vía agua de bebida y que esto pudiera extenderse a la industria porcina. Estas acciones resultarían en una dosificación poco adecuada ya que el consumo disminuye drásticamente como se observó en este estudio. A su vez, esta situación fomentaría no solo la baja respuesta clínica, sino que favorecería la generación de resistencias bacterianas (1,4). La aplicación de las enrofloxacinas por agua de bebida *ad libitum* presentaron concentraciones séricas tan bajas que solo son compatibles con la eliminación de bacterias muy susceptibles, dejando que se repliquen bacterias que por mutaciones son menos sensibles al fármaco administrado (8). A pesar del bajo desarrollo de resistencias para enrofloxacin (9), no debe descartarse esta problemática que genera el uso continuo de forma inadecuada, lo cual puede ser una costumbre muy arraigada en la industria porcina, sobre todo en grandes corporativos en los que la inyección diaria de enrofloxacin representa un reto laboral muy grande y costoso, ya que el pH de 10.5 (10) del preparado de referencia induce lesiones musculares¹.

CONCLUSIONES

Una conclusión plausible de este estudio es que la enro-C administrada por vía IM a dosis de 10 mg/kg puede convertirse en una buena opción terapéutica dadas los valores de C_{max} y AUC que logra en suero y por ende por las relaciones PK/PD más favorables. Se postula que con el marco farmacocinético descrito se puede inhibir a una notable variedad de microorganismos patógenos del aparato respiratorio y digestivo de los cerdos. Sin embargo, será pertinente realizar pruebas clínicas para valorar la eficacia comparativa de la enro-C y la enrofloxacin de referencia contra microorganismos comunes de tracto respiratorio y digestivo en la industria porcina.

En relación con los preparados administrados en el agua de bebida, tanto la Enro-C como la Enro-B, no resultaron viables para dosificar adecuadamente a esta especie dado el rechazo de los cerdos al agua medicada y por ello se hace énfasis en que debe evitarse esta vía para prolongar la vida útil de este antimicrobiano.

REFERENCIAS

1. Grandemange E, Perrin PA, Cvejic D, Haas M, Rowan T, Hellmann K. Randomised controlled field study to evaluate the efficacy and clinical safety of a single 8 mg/kg injectable dose of marbofloxacin compared with one or two doses of 7.5 mg/kg injectable enrofloxacin for the treatment of *Actinobacillus pleuropneumoniae* in. *Porcine Health Manag.* 2017;3(1):1–12.

2. CFR-Code of Federal Regulations Title 21 FDA Home 3 Medical Devices 4 Databases 5 [Internet]. Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=522.812>

3. Nielsen P, Gyrd-Hansen N. Bioavailability of Enrofloxacin after Oral Administration to Fed and Fasted Pigs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Toxicology*. 1997;80(5):246–50.
4. Chassan M, Anne H, Concordet D. What Matters in Piglets ' Exposure to Antibiotics Administered through Drinking Water? *Antibiotics*. 2021;10(9).
5. Gutierrez L, Miranda-Calderon JE, Garcia-Gutierrez P, Sumano H. Physicochemical characterization and pharmacokinetics in broiler chickens of a new recrystallized enrofloxacin hydrochloride dihydrate. *J Vet Pharmacol Ther*. 2015;38(2):183–9.
6. Bennett J V., Brodie JL, Benner EJ, Kirby WM. Simplified, accurate method for antibiotic assay of clinical specimens. *Appl Microbiol*. 1966;14(2):170–7.
7. Va E. Efficacy and pharmacokinetics of enrofloxacin and flunixin meglumine for treatment of cows with experimentally induced *Escherichia coli* mastitis. 2002;251–8.
8. Republic C. Determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) and mutant prevention concentration (MPC) of selected antimicrobials in bovine and swine. 2015;(Mic):83–9.
9. Gebru Awji E, Tassew DD, Lee JS, Lee SJ, Choi MJ, Reza MA, et al. Comparative mutant prevention concentration and mechanism of resistance to veterinary fluoroquinolones in *Staphylococcus pseudintermedius*. *Vet Dermatol*. 2012;23(4).
10. Sumano H, Ocampo L. Compositional Analysis Surveillance of Eleven Brands of Enrofloxacin Including Baytril® for Veterinary Use. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 1995;42(10):669–73.

Impacto de la edad y el intervalo de descanso en la calidad y producción seminal en un centro de inseminación artificial (CIA)

Introducción

En las últimas décadas, el uso de semen porcino para la inseminación artificial (IA) ha experimentado un notable incremento [1]. Comparado con la monta natural, la IA ofrece varias ventajas significativas: reduce el riesgo de transmisión de enfermedades, facilita la introducción de genes superiores en las manadas de cerdas y mejora la rentabilidad de cada eyaculado de verraco [2]. Estas ventajas han hecho de la IA una herramienta esencial en países con producción intensiva de cerdos, convirtiéndose en el método preferido para la reproducción en la mayoría de los sistemas intensivos de producción porcina a nivel mundial.

Para maximizar la producción rentable de semen, es crucial obtener la mayor cantidad de semen de alta calidad de cada verraco. El objetivo principal de cualquier Centro de Inseminación Artificial (CIA) es producir la mayor cantidad posible de dosis seminales de alta calidad en el menor tiempo posible [5]. La evaluación y monitoreo de la calidad del semen de los verracos tiene una gran importancia económica, ya que el retorno financiero de un CIA depende en gran medida de la capacidad del verraco para producir espermatozoides viables. La evaluación del desempeño reproductivo de un verraco se realiza mediante el análisis de la calidad seminal, que incluye la valoración de características como el volumen del eyaculado, la concentración espermática, la motilidad y la morfología espermática.

Diversos factores afectan la calidad seminal y, por ende, la fertilidad de los verracos. Estos factores pueden clasificarse en intrínsecos, como el tamaño testicular, la raza y la edad, y extrínsecos, como la temperatura ambiental, el fotoperiodo, los intervalos de descanso, la nutrición y el entorno social [3]. Las alteraciones en estos factores pueden disminuir la calidad del semen y acortar la longevidad de los verracos [5]. Por ejemplo, en verracos menores de 8 meses, la calidad del semen es inferior a la de los verracos de mayor edad [3]. Respecto al intervalo de descanso, el semen de los verracos en los CIA se recolecta aproximadamente dos veces por semana [1], y se sabe que una alta frecuencia de recolección tiene un efecto negativo en la morfología y motilidad de los espermatozoides [4].

La selección adecuada de los verracos es fundamental, y solo deben mantenerse aquellos con las mejores características para la producción de esperma. Seleccionar verracos con la mejor calidad de semen a una edad temprana es imperativo para reducir los costos de criar animales que no se utilizarán para la producción de semen [5].

Determinar los efectos de la edad y los intervalos de descanso sobre la producción y calidad seminal de los verracos en un CIA es de gran importancia. La identificación temprana de verracos con alto potencial para producir semen de calidad no solo optimiza los costos, sino que también mejora la eficiencia y la productividad de los CIA. Este estudio analizará tanto los factores intrínsecos (edad) como extrínsecos (intervalos de descanso) que pueden influir en la calidad del semen, proporcionando una base para mejores prácticas en la gestión, toma

de desiciones y selección de verracos dentro de un CIA.

Objetivos.

- Determinar los efectos de la edad y los intervalos de descanso sobre la producción y calidad seminal de verracos alojados en un CIA.
- Determinar la edad y el intervalo de descanso óptimos en los cuales la producción y la calidad seminal no se vean comprometidas.

Material y Métodos.

Para el análisis de la producción y calidad del semen, se examinaron 16 442 registros de eyaculados obtenidos a través del Sistema CASA (Computer-Assisted Semen Analysis) procedentes de 341 sementales alojados en un CIA, durante los meses de enero a diciembre del 2023. Las variables de respuesta estudiadas fueron: volumen del eyaculado, dosis por eyaculado, motilidad, presencia de anormalidades, cantidad de células normales y móviles, así como el porcentaje de gotas proximales. Los sementales fueron clasificados según su edad en los siguientes grupos: 6-11 meses, 12-23 meses, 24-35 meses, 36-53 meses y 54-80 meses; y según su intervalo de descanso (ID) en las siguientes categorías: 1 día (A), 2-3 días (B), 4-5 días (C), 6-7 días (D) y ≥ 8 días (E). El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando modelos de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (SPSS® 25).

Resultados.

El Cuadro 1 presenta las medias y los errores estándar de variables relacionadas con la calidad seminal, clasificadas según la edad de los verracos y sus intervalos de descanso. Las variables evaluadas incluyen: volumen del eyaculado (ml), número de dosis por eyaculado, motilidad (%), porcentaje de anormalidades, porcentaje de espermatozoides normales y móviles, y porcentaje de gotas citoplasmáticas proximales.

Literares diferentes a-c indican diferencias significativas para el factor edad, literares diferentes w-z indican diferencias significativas para los intervalos de descanso, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Esto permite identificar cuáles combinaciones de edad e intervalos de descanso optimizan o reducen la calidad seminal, ofreciendo información valiosa para la gestión reproductiva de los verracos en centros de inseminación artificial (CIAs).

Cuadro 1. Efectos de la interacción entre la edad de los verracos (meses) y el intervalo de descanso (días) sobre la producción y calidad seminal.

ID *	Edad, meses				
	6-11	12-23	24-35	36-53	≥ 54
	Volumen del eyaculado, ml				
A	355.3±19 az	420.7±11 ay	426.1±12 ay	390.9±11 ay	377.1±18 ay
B	377.4±17 bz	437.8±8 aby	449.0±8 ay	418.0±9 aby	425±21 abzy
C	390.8±16 bz	453.4±8 aby	470.5±8 az	437.3±9 abz	443.1±20 abz
D	401.6±16 cz	470.8±8 abz	490.2±7 az	446.7±8 bcz	454±21 abcz
E	408.0±17 bz	483.5±12 az	499.3±11 az	460.3±12 abz	466.3±22 abz
	Dosis por eyaculado, n				
A	13.6±1.8 ax	15.8±1.0 ax	13.4±0.8 aw	12.7±0.9 ay	12.0±1.4 ay
B	16.9±1.4 abyx	18.3±0.8 ax	16.6±0.7 abx	14.8±0.7 by	13.7±1.2 by
C	17.4±1.4 azyx	21.5±0.9 ay	19.4±0.8 ay	17.5±0.8 az	16.1±1.4 az
D	20.0±1.6 abzy	24.3±1.0 az	22.3±1.0 abz	19.4±0.9 bz	17.5±1.6 bz
E	20.7±1.7 abz	25.6±1.3 az	23.0±1.1 abz	19.6±1.0 abz	17.0±1.6 bz
	Motilidad, %				
A	90.1±1.1 ax	90.0±0.8 ay	90.1±0.9 ay	90.3±0.8 ax	88.3±1.5 ax
B	93.0±0.6 az	91.8±0.5 ay	91.9±0.4 az	91.2±0.6 ay	91.7±0.9 az
C	93.0±0.6 az	91.8±0.5 ay	92.0±0.4 az	91.6±0.6 az	91.8±0.9 az
D	92.7±0.7 ay	91.9±0.5 az	92.2±0.4 az	91.1±0.6 ay	91.2±0.9 ay
E	92.9±0.6 ay	92.0±0.8 az	91.3±0.5 ay	90.7±0.7 ay	90.6±1.2 ayx
	Anormalidades, %				
A	17.6±1.1 az	17.9±0.8 azy	18.3±0.6 ay	19.6±1.1 azy	20.6±1.5 azy
B	19.3±1.0 az	17.8±0.7 ay	18.5±0.5 ay	19.1±0.8 ay	18.8±1.3 ay
C	19.7±1.0 az	18.4±0.8 azy	19.0±0.5 azy	19.6±0.8 ay	19.8±1.4 azy
D	20.5±1.0 az	19.3±0.8 az	20.0±0.6 az	20.8±0.8 az	21.3±1.5 az
E	19.9±1.1 az	19.6±0.9 az	20.6±0.6 az	22.5±1.1 az	22.3±1.7 az
	Normales y motiles, %				

A	75.3±1.4 az	74.6±1.1 az	75.0±0.9 ay	73.9±1.4 azy	71.9±2.0 ay
B	75.8±1.2 az	76.1±1.0 az	75.8±0.7 az	74.9±1.1 az	75.6±1.8 az
C	75.6±1.2 az	75.6±1.0 az	75.3±0.7 az	74.7±1.0 az	74.7±1.7 azy
D	74.9±1.2 az	75.0±1.0 az	74.8±0.7 azy	73.5±1.1 azy	73.1±1.7 ay
E	75.4±1.3 az	74.8±1.3 az	73.4±0.8 ay	71.6±1.2 ay	71.7±1.9 ay
	Gotas proximales, %				
A	1.7±0.3 bz	1.8±0.1 bz	2.6±0.2 az	3.0±0.3 az	2.9±0.5 az
B	1.9±0.3az	1.8±0.1 az	2.5±0.1 az	2.8±0.2 az	3.0±0.6 az
C	2.0±0.3abz	1.9±0.1 bz	2.5±0.1 az	2.8±0.2 az	2.8±0.5 az
D	1.9±0.3 bz	1.7±0.1 bz	2.4±0.1 abz	2.7±0.2 az	2.9±0.5 az
E	2.0±0.3 bcz	1.9±0.1 cz	2.5±0.1 abz	2.8±0.2 az	3.0±0.6 az

a-c Literales diferentes refieren diferencias significativas entre las edades ($P < 0.05$).

w-z Literales diferentes refieren diferencias significativas entre los ID ($P < 0.05$).

ID=intervalo de descanso.*A= 1 día; B= 2-3 días; C= 4-5; D= 6-7 días; E= ≥ 8 días.

Los resultados indican que para la variable volumen del eyaculado existe variación significativa según la edad del verraco y el intervalo de descanso. Los verracos jóvenes (6-11 meses) muestran un volumen promedio menor (355.3 ± 19.4 ml) comparado con los verracos de edades intermedias y mayores. Los verracos de 12-23 meses con un intervalo de descanso de 5 días (C) presentan un volumen significativamente mayor (470.5 ± 8.4 ml) en comparación con otros intervalos de descanso y grupos de edad, lo que sugiere que esta combinación optimiza la producción de semen. Por otro lado, los verracos mayores de 54 meses con intervalos de descanso mayores a 7 días (E) también muestran volúmenes relativamente altos (460.3 ± 12.6 ml), indicando que, para los verracos más viejos, un mayor intervalo de descanso puede ser beneficioso para mantener el volumen del eyaculado. Para la variable dosis por eyaculado muestra una tendencia similar al volumen del eyaculado, con los verracos de 12-23 meses y un intervalo de descanso de 5 días (C) produciendo un mayor número de dosis (22.3 ± 1.2) en comparación con otros grupos. Los verracos más jóvenes y aquellos con intervalos de descanso más cortos (1-2 días) tienden a producir menos dosis, lo que podría deberse a la menor capacidad de producción seminal o a la insuficiente recuperación entre recolecciones. En términos de motilidad, se observó que, aunque todos los grupos de edad mantuvieron porcentajes relativamente altos, los verracos más jóvenes y los de mayor edad presentaron una ligera disminución en comparación con los grupos intermedios. Esto sugiere que tanto la inmadurez como el envejecimiento pueden tener efectos adversos en la motilidad espermática. El porcentaje de anomalías espermáticas es generalmente menor en verracos de edades intermedias (24-35 meses) y mayores (36-53 meses) con intervalos de descanso de 3 a 5 días. Las anomalías tienden a aumentar en verracos muy jóvenes (6-11 meses) y en aquellos con intervalos de descanso muy cortos o muy largos, lo que subraya la importancia de una gestión equilibrada del intervalo de descanso para mantener la calidad espermática. El porcentaje de espermatozoides normales y móviles es más alto en verracos de 24-35 meses con intervalos de descanso de 5 días (C) ($75.0 \pm 0.9\%$), lo que coincide con los resultados observados para el volumen del eyaculado y el número de dosis. Esta combinación de edad e intervalo de descanso parece ser óptima para la producción de espermatozoides de alta calidad. El porcentaje de gotas citoplasmáticas proximales es generalmente bajo, pero se observa una mayor incidencia en verracos de 6-11 meses y mayores de 54 meses

con intervalos de descanso cortos (1-2 días).

Discusión.

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de la edad y el intervalo de descanso en la producción y calidad del semen de verracos en centros de inseminación artificial (CIA). Se observó que los verracos jóvenes (6-11 meses) presentan una disminución significativa en los parámetros tanto cuantitativos del semen, lo cual puede atribuirse a la inmadurez sexual y fisiológica de los animales [6]. En contraste, los verracos en el rango de 12 a 23 meses mostraron el mejor rendimiento, destacando que la edad óptima para la producción seminal eficiente se sitúa en este intervalo. El análisis detallado reveló que intervalos de descanso de 2 a 5 días son los más beneficiosos, particularmente aquellos de 5 días, ya que permiten una mejora en la calidad del semen sin comprometer la cantidad. Este hallazgo es consistente con estudios previos que sugieren que la frecuencia de recolección influye significativamente en la calidad espermática debido al tiempo necesario para la maduración epididimaria [7]. Por otro lado, los verracos de más de 36 meses mostraron una disminución en la calidad seminal con intervalos de descanso de menos de 5 días. Este hallazgo podría estar relacionado con el desgaste fisiológico y el envejecimiento natural, que afectan negativamente la capacidad de los espermatozoides para mantener su calidad bajo condiciones de recolección frecuente.

Los datos también indicaron que intervalos de recolección de más de 7 días resultan en un aumento de las anomalías y de las gotas proximales, especialmente en los verracos de mayor edad. Esto sugiere que un descanso excesivo puede ser tan perjudicial como una recolección excesivamente frecuente, ya que podría llevar a un almacenamiento epididimario prolongado y, en consecuencia, a un deterioro de la calidad espermática [8].

Conclusión.

Este estudio demuestra que tanto la edad como el intervalo de descanso son factores cruciales que deben gestionarse cuidadosamente para optimizar la producción y calidad del semen en verracos. Los resultados indican que la edad óptima para la producción seminal eficiente es de 12 a 23 meses y que un intervalo de descanso de 2 a 5 días maximiza la calidad y cantidad del semen.

Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas significativas para la industria porcina, ya que proporcionan una base científica para la programación de la recolección de semen y la selección de verracos basándose en su edad y su capacidad de recuperación después de la recolección. Implementar estas recomendaciones puede mejorar la rentabilidad y eficiencia de los CIAs, asegurando una producción de semen de alta calidad que es esencial para la inseminación artificial exitosa y la mejora genética continua en las manadas porcinas.

Bibliografía.

1. Vyt P, Maes D, Rijsselaere T, Dewulf J, de Kruif A, Van Soom A. Semen handling in porcine artificial insemination centres: the Belgian situation. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift. 2007.
2. Centres and two Spermatology Reference laboratories. Reprod Domest Anim. 2015;50(Suppl 2):1-4. Riesenbeck A, Schulze M, Rudiger K, Henning H, Waberski D. Quality control of boar sperm processing: implications from European AI Centres and two Spermatology Reference laboratories. Reprod Domest Anim. 2015.

3. Schulze M, Buder S, Rudiger K, Beyerbach M, Waberski D. Influences on semen traits used for selection of young AI boars. *Anim Reprod Sci.* 2014;148:164–70. Kauffold J, Kessler M, Richter A, Beynon N, Wehrend A. B-mode ultrasound and grey-scale analysis of the epididymis in boars, and the relationship to semen parameters. *Reprod Domest Anim.* 2011.
4. Strzezek J, Korda W, Glogowski J, Wysocki P, Borkowski K. Influence of semen-collection frequency on sperm quality in boars, with special Reference to biochemical markers. *Reprod Domest Anim.*
5. Anna P, Elisabeth P. 2020. *Theriogenology.* 63. Páginas: 220-232.
6. Pinart E, Sancho S, Briz MD, Bonet S, Garcia N. Characterization of the semen quality of postpuberal boars with spontaneous unilateral abdominal cryptorchidism on the right side. *Anim Reprod Sci.* 1999;55:269–78.
7. Schulze M, Rudiger K, Waberski D. Rotation of boar semen doses during storage affects sperm quality. *Reprod Domest Anim.* 2015;50:684–7.
8. Pribenszky C, Horvath A, Vegh L, Huang SY, Kuo YH, Szenci O. Stress preconditioning of boar spermatozoa: a new approach to enhance semen quality. *Reprod Domest Anim.* 2011;46(Suppl 2):26–30.