

Pecuarios.com

Biblioteca Digital



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

VOLUMEN 2 | NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2024

ISSN-e: 2992-7293

COMITÉ EDITORIAL

Director:

Luis Felipe Islas Guerra

luis@pecuarios.com

Director Adjunto:

Javier Eduardo Ramos Morales

david@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 2, Vol. 2, Núm 12, noviembre – diciembre 2024, 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 noviembre de 2024.

CONTENIDOS:

Avicultura.mx _____

**Evaluación de diferentes fuentes gluconeogénicas en
substitución del aceite vegetal en dietas para gallinas
Bovans White.** **6**

Autores: / *Aída Castillo Mercado* / *Carlos Mendieta Ramírez* / *Benjamín Martínez*

/ *Tomás Jínez Méndez* / *Rodolfo José Medeles Orozco* / *Héctor Herrera Gutiérrez* / *Ernesto Ávila González*

Micotoxinas, ¿qué debemos conocer? **14**

Autores: / *Carlos Alberto Maya Barradas*

**“Preguntas frecuentes sobre el manejo en la avicultura
orgánica”** **20**

Autores: / *María de los Ángeles Tepox Pérez*

Ganaderia.com _____

Ácido palmítico en la mitigación del síndrome de depresión de grasa láctea en vacas 30

Autores: / *Lorenzo Danilo*
Granados Rivera

Cruzamientos recomendados para bovinos en el sistema de producción de doble propósito 37

Autores: / *Teresa Beatriz* / *Isaías*
García Peniche / *López Guerrero*

Evaluación de la sustentabilidad en el sector agropecuario: un acercamiento a las metodologías 45

Autores: / *Maribel* / *Rafael* / *Carlos Manuel*
Molina Rivera / *Olea Pérez* / *Arriaga Jordán*

/ *Fernando* / *Francisco Aurelio*
Prospero Bernal / *Galindo Maldonado*

La ordeña con asistencia de oxitocina, no afecta los porcentajes de gestación en vacas F1. 52

Autores: / *Axel Ricardo Meza* / *Basurto CH* / *Gutiérrez AC*
/ *Saharrea MA*

Sistemas integrados de producción agropecuaria -Sipa-, la producción con sustentabilidad 62

Autores: / *Sergio Giovanni Espinosa Villafuerte*

Porcicultura.com _____

Cerdos en vida libre, ¿un problema ambiental? 68

Autores: / *Claudia Mariana Pérez Rivera*

Enfoques emergentes para controlar el PRRS 75

Autores: / *Alejandra Galiote Flores* / *María Verónica González Tapia*

Manejo de cerdas y lechones en la etapa de lactancia 81

Autores: / *Yajaira Ramos Cerda*

Mezclado de alimento para cerdos 84

Autores: / *Teodoro Valentin Kresisch*

Evaluación de diferentes fuentes Gluconeogénicas en sustitución del aceite vegetal en dietas para gallinas Bovans White

Introducción

En la producción de huevo el costo del alimento puede llegar a representar hasta el 70% y de éste la energía obtenida del metabolismo del aceite constituye el elemento de la dieta que mayor peso tiene en el mismo. (López, 2013)

Existen en las dietas de las aves ingredientes específicos que aportan energía en mayor proporción, como son los cereales y los aceites. Por lo que se debe estar muy atento en los cambios de precio de los granos y de los aceites ya que estos impactan directamente en los costos de producción (Uribe, 2011).

El propilenglicol es un alcohol deshidratado. Es metabolizado en hígado hasta formar oxaloacetato que es un compuesto necesario para que se lleve a cabo la gluconeogénesis (Hippen et. al., 2008). La información que se encontró es en pollo de engorda, Bowen y Waldroup (1968), evaluaron al Propilenglicol como fuente de energía en pollo de engorda, concluyendo que una inclusión superior al 5 % provoca diarreas, disminución en la ganancia de peso y desarrollo anormal de los dedos e incluso aumento del pH en íleon.

El propionato de calcio es una sal cálcica del ácido propanoico (Ferraro, 2011) Se ha utilizado como suplemento de energía, para mejorar la productividad mediante el aumento del rendimiento energético (Lund, 2014). Interviene en la gluconeogénesis. Gran parte del propionato es oxidado en los tejidos animales formando propionil CoA, para convertirse en metil-malonil-CoA y después ser transformado a succinil CoA generando CO₂ y energía, por medio de su integración al ciclo del ácido tricarbóxico o ciclo de Krebs (Ruiz, 2011). Los primeros reportes del empleo de propionato de calcio en gallinas son de Jensen y Chang (1975), donde utilizaron gallinas Leghorn blancas de 52 semanas de edad con la adición de propionato de calcio desde 0.1% hasta 0.8 %, no encontraron un efecto en el comportamiento productivo de las aves con la adición de propionato de calcio. Annison et. al. (1968), reportaron que los pollos producen ácido propiónico en el ciego y es absorbido en sangre.

Debido al alto costo de las materias primas a nivel mundial dentro de ellas el aceite, además del mayor empleo de los granos para generar biocombustibles, debemos buscar alternativas para disminuir los costos de fabricación de alimento para gallinas, sin afectar sus parámetros productivos. El propilenglicol y el propionato de calcio quienes participan en el ciclo de krebs, podrían ser una fuente alternativa de energía para las aves. Por lo que se planteó el presente trabajo con el objeto de evaluar el comportamiento productivo de la gallina Bovans White de primer ciclo al substituir el aceite de la dieta por Propilenglicol o propionato de calcio o una mezcla de ambos.

Materiales y Métodos

Se emplearon 240 gallinas de la estirpe Bovans White de 25 semanas de edad con un peso promedio de 1625g. Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos con cuatro réplicas de 12 gallinas cada uno. Las aves se alojaron a una temperatura de 24°C, en jaulas tipo california. Se ofreció el agua y alimento *ad libitum* así como un fotoperiodo de 16 horas diarias.

Se formuló una dieta testigo positiva con base en sorgo + pasta de soya con 2860 kcal de EM/kg y una dieta con 2698kcal de EM/ kg (testigo negativo), los demás nutrientes cubrieron las necesidades de acuerdo a la edad y etapa de producción que menciona el manual de la estirpe (ISA, 2015), con el programa computacional Allix2. Ver 5.37.1 **(Cuadro 1)**. Al testigo negativo se le adicionó propionato de calcio (PC) o Propilenglicol (PG) o una mezcla de ambos (MPP).

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1.- Testigo positivo

Tratamiento 2.- Testigo negativo

Tratamiento 3.- Como 2 con la inclusión de 2 kg/ton una mezcla de propionato de calcio y Propilenglicol

Tratamiento 4.-Como 2 con la inclusión de 2 kg/ton propionato de calcio

Tratamiento 5.-Como 2 con la inclusión de 2 kg/ton propilenglicol

Cuadro 1

Composición de las dietas experimentales empleadas en gallinas Bovans White con diferentes fuentes gluconeogénicas. (Kg)

INGREDIENTE	TRATAMIENTO				
	POSITIVO	NEGATIVO	MPP	PC	PG
SORGO	588.35	617.49	617.49	617.49	617.49
PASTA DE SOYA	252.64	247.47	247.47	247.47	247.47
CARBONATO DE CALCIO	104.82	104.11	104.11	104.11	104.11
ACEITE VEGETAL	26.74	0.00	0.00	0.00	0.00
ORTOFOSFATO DE CALCIO	11.17	12.55	12.55	12.55	12.55
SAL	4.39	4.38	4.38	4.38	4.38
SECUESTRANTE	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
PREMEZCLA DE VITAMINAS Y MINERALES	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
DL-METIONINA 99%	2.45	2.42	2.42	2.42	2.42
L- LISINA HCL	1.65	1.78	1.78	1.78	1.78
PIGMENTO NATURAL AMARILLO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L- TREONINA	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40
ANTIOXIDANTE	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
FLAVOTEC	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
FITASA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
PIGMENTO ROJO SINTÉTICO	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
MEZCLA DE PROPILENGLICOL Y PROPIONATO DE CALCIO	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
PROPIONATO DE CALCIO	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
PROPILENGLICOL	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
TOTAL	1000	1000	1000	1000	1000
ANÁLISIS CALCULADO					
PROTEÍNA CRUDA (%)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
ENERGÍA METABOLIZABLE (KCAL/KG)	2850	2698	2698	2698	2698
METIONINA + CISTINA (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
LISINA (%)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
TREONINA (%)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

INGREDIENTE (%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CALCIO TOTAL (%)	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
SODIO (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
ÁC. LINOLEICO	2.103	0.797	0.797	0.797	0.797
FÓSFORO DISPONIBLE (%)	0.45	0.48	0.48	0.48	0.48

Durante los 70 días de experimentación se llevó registro semanal de porcentaje de postura, peso de huevo (g), masa de huevo ave/día (g), consumo de alimento ave/día (g), índice de conversión alimentaria (kg/kg), porcentaje de huevo sucio, roto y sin cascarón (fárfara). Al inicio y final del experimento se pesaron 120 gallinas mediante un muestreo aleatorio simple sin reemplazo y se calculó la ganancia diaria de peso (Kuehl, 2001).

Al final de la prueba se evaluó en cuatro huevos por réplica la calidad interna con un equipo marca TSS y la coloración de la yema con un espectrofotómetro de reflectancia marca TSSQSCC Yolk Color con transformaciones a valores absolutos de abanico DSM, para el grosor de cascarón se empleó un micrómetro de marca Mitutoyo y se tomó una muestra de cascarón de 1cm² aproximadamente sin membrana de la zona del ecuador del huevo.

Durante las últimas tres semanas se llevó a cabo la medición de glucosa sanguínea capilar, tres veces por semana sin ayunas en cuatro gallinas por réplica.

Al final de la prueba se calcularon las medias de las variables empleadas y se compararon mediante contrastes ortogonales. Para Unidades Haugh, coloración de la yema, grosor de cascarón, glucosa en sangre y ganancia de peso se analizaron mediante un diseño completamente al azar, mediante el siguiente modelo.

Resultados y discusión

El porcentaje de postura no fue afectado por ninguno de los sustratos gluconeogénicos (**Cuadro 2**) ni por la deficiencia de energía en el tratamiento 2, esto puede deberse a que las aves de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 consumieron mayor cantidad de alimento a lo que menciona el manual de la estirpe (105.7g) (ISA, 2015).

Al calcular el consumo de energía requerido por las aves mediante la fórmula mencionada por Rostagno (2011) las aves necesitaban consumir en promedio 299.4 kcal/ave/día. Consumieron en promedio 9 kcal/ ave/ día y 4 kcal/ ave/ día, menos que lo que menciona Rostagno y el manual de la estirpe respectivamente. Sin embargo el tratamiento con PC incrementó su consumo de alimento para cubrir sus necesidades energéticas aumentando su consumo (Lesson, 2001) , así mismo todos los tratamientos mostraron ganancia diaria de peso, por lo que es probable que los tratamientos con substrato gluconeogénicos estén aportando energía. Además el menor peso de huevo lo mostró el tratamiento negativo y el tratamiento con propionato de calcio, esto pudo deberse al consumo menor de ácido linoleico (0.855 y 0.864% respectivamente) en comparación con lo que menciona el manual de la estirpe (1.3%) para tener un óptimo peso de huevo, efecto que no se observó en los tratamientos con la mezcla de MPP y el tratamiento con PG, es posible que la energía que generaron fue suficiente para que el ácido linoléico no fuese utilizado como fuente de energía sino más bien

se dirigiera a la formación del huevo para aumentar su tamaño. Persio S. y colaboradores (2015) mencionan que hay una respuesta creciente en el peso del huevo en caso del aumento de la densidad de la energética. El peso del huevo está influenciado por varios componentes entre los que están: Estirpe, peso de la pollita, condiciones ambientales, iluminación, adecuada cantidad de aminoácidos y ac. Linoléico (Chan *et al.* 2007).

Debido a que la masa de huevo es afectada por el porcentaje de postura y por el peso de huevo, en la presente prueba fueron afectados más por el peso del huevo, teniendo el menor valor el tratamiento con propionato de calcio. La presencia de heces en los tratamientos con los productos gluconeogénicos puede deberse a que alteran el pH del intestino incrementando la fermentación bacteriana ocasionando heces más líquidas (Bowen y Waldroup, 1968).

Cuadro 2

Resultados promedio obtenidos en 10 semanas de experimentación empleando diferentes fuentes gluconeogénicas sobre el comportamiento productivo de la gallina Bovans White.

Tratamiento	Postura, %	Peso de huevo, g	Consumo de alimento ave/día, g	Índice de conversión alimentaria, kg:kg	Masa de huevo ave/día, g	Huevo, %			
						Roto	En fátara	Con heces	Con sangre
TESTIGO POSITIVO	97.83	58.1 ^a	103.0 ^c	1.799 ^c	56.9 ^{ab}	0.44	0.44	0.98 ^b	0.44
TESTIGO NEGATIVO	98.10	57.3 ^c	107.3 ^{ab}	1.899 ^{ab}	56.2 ^{ab}	0.44	0.14	0.91 ^b	0.79
COMO 2 + MPP ⁺	97.58	57.9 ^{ab}	105.8 ^b	1.863 ^b	56.5 ^{ab}	0.46	0.41	1.87 ^a	0.42
COMO 2 + PC ^{**}	97.64	57.4 ^{bc}	108.4 ^a	1.927 ^a	56.0 ^b	0.76	0.54	1.15 ^{ab}	0.60
COMO 2 + PG ⁺	98.16	58.1 ^a	107.2 ^{ab}	1.872 ^b	57.0 ^a	0.40	0.57	1.47 ^{ab}	0.34
EEM	0.29	0.13	0.38	0.009	0.22	0.13	0.20	0.20	0.24

EEM= error estándar de la media

Diferente letra en columna son estadísticamente distintos (p<0.05)

*MPP=mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

**PC= Propionato de calcio

+PG= Propilenglicol

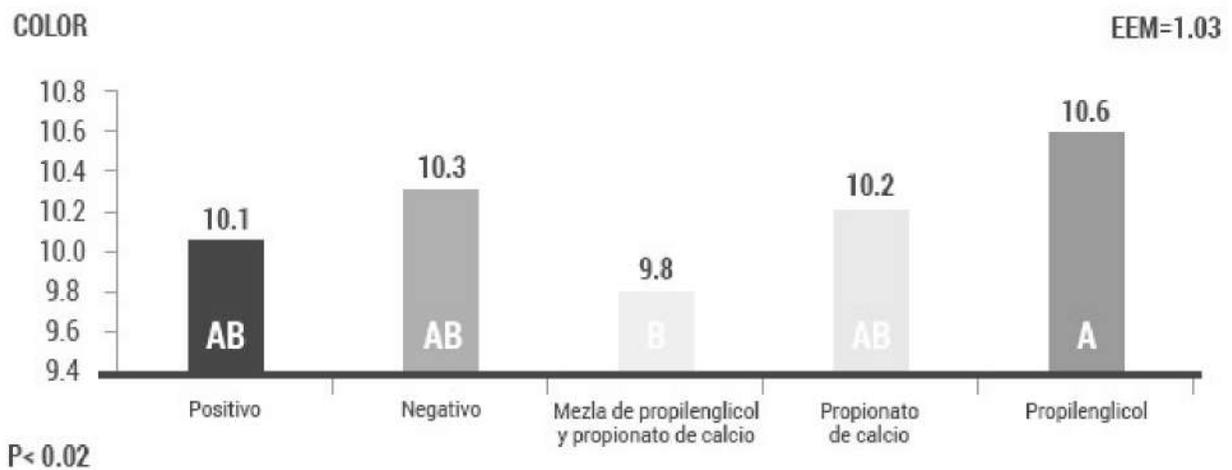
Para unidades Haugh y grosor de cascarón no se encontró diferencia entre ninguno de los tratamientos (P>0.05).

El nivel más bajo de pigmentación (**figura 1**) lo adquirió el tratamiento que consumió menor cantidad alimento (MPP) y que no contenía aceite en la dieta. El tratamiento con presencia de aceite (tratamiento positivo), tuvo el menor consumo de alimento y por tanto de pigmento, pero la adición de grasa en la dieta genera una mejor absorción del pigmento a nivel intestinal ya que son liposolubles (Montoya, 2015), Los tratamientos restantes consumieron mayor cantidad de pigmento por su mayor consumo de alimento, por lo

que el color de la yema resultó mayor.

Figura 1

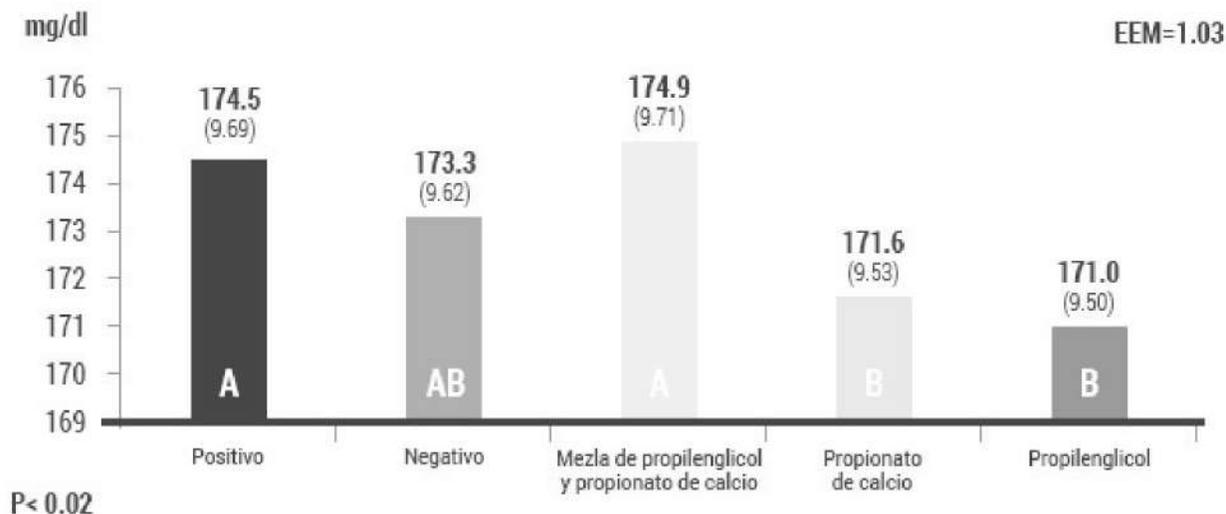
Resultados promedio de pigmento en yema de huevo medido con un espectrofotómetro de reflectancia con transformaciones a abanico de DSM, medido a los 70 días de experimentación, en gallinas alimentadas con diferentes fuentes gluconeogénicas.



A pesar de que hay diferencias estadísticamente significativas, los niveles de glucosa se encuentran alrededor de un valor de 9 mmol/L, por lo que se puede pensar en la posibilidad de que el organismo de las gallinas haya estabilizado por mecanismos homeostáticos los niveles de glucosa a los valores normales (**Figura 2**).

Figura 2

Niveles de glucosa en sangre capilar en gallinas Bovans White alimentadas con diferentes inclusiones de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente de energía.



*Los Valores entre paréntesis expresados en mmol/L

*Diferentes letras en columna muestran diferencia estadística. ($p < 0.05$)

Conclusiones

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que las fuentes gluconeogénicas no afectaron el porcentaje de postura, el porcentaje de huevo roto, huevo fáfara, así como unidades Haugh, grosor de cascarón y ganancia de peso. El empleo de la mezcla de propilenglicol-propionato de calcio y propilenglicol a una dosis de 2 kg/ton de alimento, mostraron resultados similares en peso del huevo, masa de huevo ave/día y conversión alimentaria con respecto a dietas con aceites. La mezcla de propilenglicol-propionato de calcio disminuyó la coloración de la yema de huevo.

Referencias

Annison, E. F., Hill, K. J., Kenworthy, R., 1968. Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl . British Journal of Nutrition, 22 (2), 207-216.

A-SYSTEMS. Allix ² (Computer program) Ver. 5.37.1. Feed software and servies. . Versailles, Francia.

Bowen, T. E., Waldroup, P., 1968. The influence of propylen glycol on pH of the gastrointestinal tract and the Incidence of leg abnormalities in broiler chicks. Poultry Science, 48 (2), 608-613.

Chan, D. P., Pro, A., Cuca, M., Sosa, E., Gallegos J, 2007. Diferentes concentraciones de energía y calcio en la dieta de gallinas: para aumentar el peso del huevo al inicio de la postura. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 1-4.

Ferraro, S. S., 2011. Estudio de los mecanismos moleculares y endócrinos involucrados en la regulación de la tasa ovulatoria en ovejas por la administración de una solución glucogénica (Tesis de doctorado). Ciudad De México: UNAM.

Hippen, A. R., DeFrain M. J., Linke, L. P., 2008. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. Florida Ruminant Nutrition Symposium, 1-16.

ISA. , 2015. Bovans White Commercial Management Guide. ISA a Hendrix Genetics Company. Disonible en la página:
http://www.isapoultry.com/~media/Files/ISA/ISA%20new/Different%20languages/Spanish/Management_guide_cag_production_systems_sp.pdf [Consulta: 25 sept 2016].

Jensen, L. S., y Chang, C. H. ,1975. Effect of calcium propionate on performance of laying hens. Poultry Science, 55 (2), 816-817.

Kuehl, R. , 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Páginas492-498 en Relaciones entre medidas repetidas. 2a edición The University of Arizona: Thomson Editores, S.A. de C. V.

Lesson, S. S., Summrs Jhon D.,2001. Nutrition of chicken. Páginans 170-176. Feeding for laying hens. Lesson, S. S., Summrs Jhon D. Guelph, Ontario, Canadá. 3a edición. University books.Guelph. Canadá

López, G., 2013. Sexta reunión anual AECACEM. San. Juan del Río, Querétaro: AECACEM.
<http://www.avem.mx/memorias2013.pdf> [Consulta: 8 sept 2016].

Montoya, G. V., 2015. Efectos del apo-éster y cantaxantina en dietas de gallinas sobre la coloración de la yema del huevo y la preferencia del consumidor.(Tesis de licenciatura), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM , Ciudad de México.

Persio, S. U. ,2015. Effects of feeding diets varying in energy and nutrient density to Hy-Line W-36 laying hens on production performance and economics. Poultry science, 94(2), 195-206.

Rostagno, S. H., 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimento y requerimientos nutricionales. Página 133 en Requerimientos Nutricionales de Aves de Reposición y Gallinas Ponedoras. 3ª edición. Universidad Federal de Viçosa ? Departamento de Zootecnia. Viçosa

Ruiz, C. S. , 2011. Efecto del nivel de suplementación con propilenglicol durante el periodo de transición a la lactancia sobre actividad ovárica, salud uterina y desarrollo reproductivo en vacas Holstein (Tesis de maestría en ciencias agrarias). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Uribe,L., Dic.2016. Perspectivas para la agricultura.20. Disponible desde:
URL:<http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/23346/perspectivas-para-la-avicultura/>[consulta 18 sept. 2016].

Micotoxinas, ¿Qué debemos conocer?

Resumen

La nutrición en las aves, ha alcanzado niveles de mejora que se traducen en un óptimo desempeño productivo, también han mejorado los manejos y la sanidad dentro de las granjas, sin embargo, esto mismo ha llevado a prestar mayor atención a otros elementos que si bien ya se tenían en consideración, de manera actual son especialmente limitantes? (Faus C, 2008).

Respecto a las micotoxinas, ya se han establecido los límites de contaminación y los efectos asociados como los errores del muestreo, sin embargo, de manera actual es necesario comprender todos los factores involucrados (Mallman A, 2016).

Dentro de la producción Avícola, las pérdidas económicas derivan de los efectos nocivos de las micotoxinas, los cuales son:

- Inmunosupresión
- Disminución del consumo de alimento
- Malos parámetros productivos

Para comprender cómo es que las micotoxinas son capaces de causar daño en el tracto gastrointestinal, o como predisponen la aparición de otros agentes infecciosos, se deben conocer algunos aspectos que nos ayudarán a tomar las medidas pertinentes para evitar efectos negativos dentro de los parámetros productivos en las aves de producción.

Palabras clave: micotoxinas, hormesis, tracto gastrointestinal, endotoxinas.

Introducción

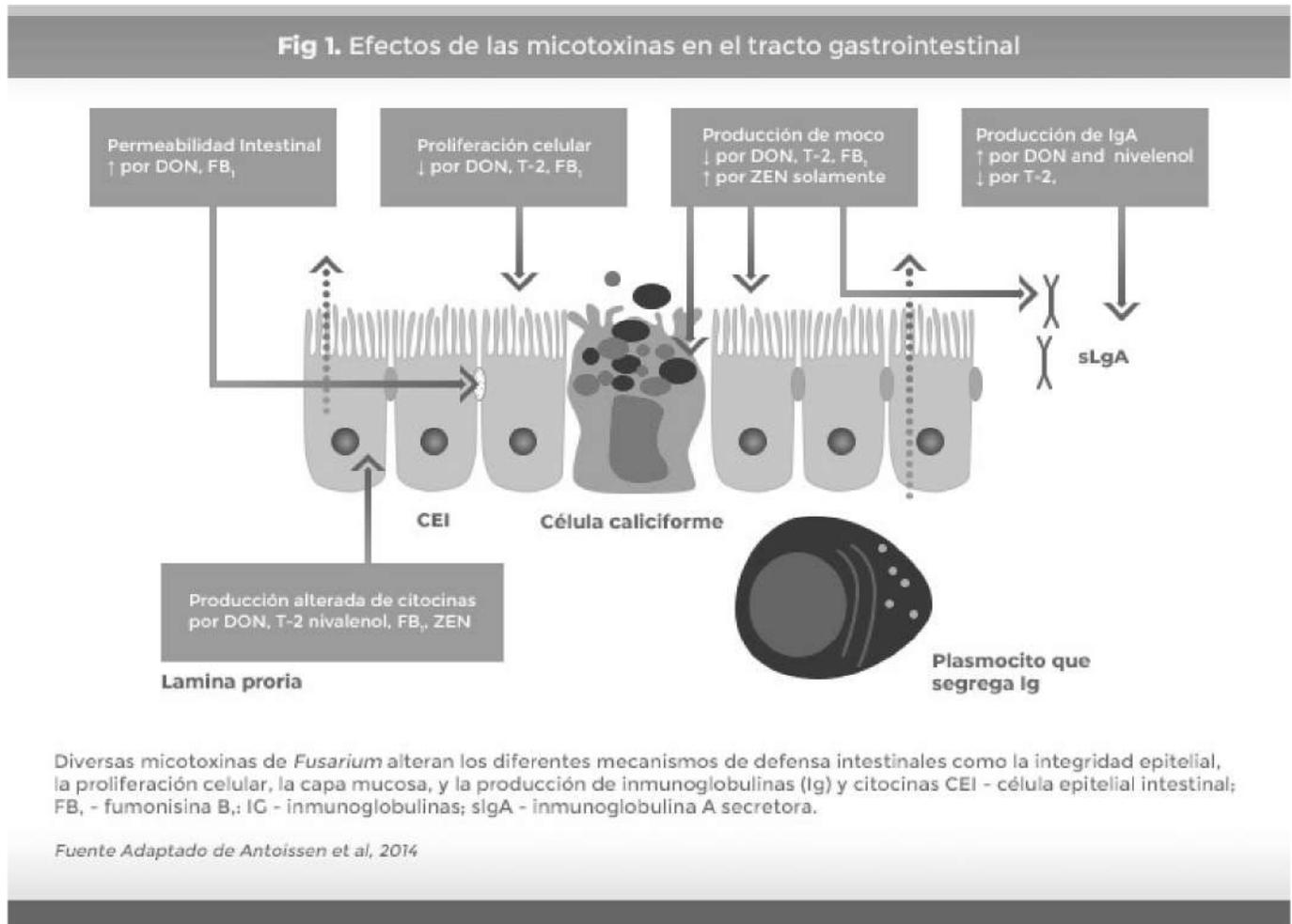
• Importancia del tracto gastrointestinal en las aves (integridad intestinal)

Algunos investigadores señalan que en el tracto gastrointestinal de las aves se encuentran presentes más de 50 especies de bacterias, segrega más de 20 hormonas, digiere y absorbe los nutrientes, emplea un 20% del total de la energía, además de que constituye el mayor órgano del sistema inmune (Ortiz Garcia, 2010).

El epitelio intestinal cumple con funciones complejas, debe ser permeable para permitir el paso de nutrientes y al mismo tiempo debe actuar como barrera contra agentes patógenos, entre los componentes más singulares se encuentra la mucina, la cual es producida por las células caliciformes, este moco es capaz de evitar la adhesión de patógenos a los enterocitos (Grenier B, 2015).

La mayoría de las micotoxinas se absorben en el tracto gastrointestinal, principalmente en el duodeno y yeyuno; en las aves de producción el porcentaje de absorción es diferente para cada micotoxina, de esto deriva la toxicidad que pueden llegar a tener (Caballero, 2015):

- Aflatoxinas 80%
- Ocratoxina 60%
- Tricotecenos 60%
- Zearalenona 10%
- Fumonisina B1 < 5%



También es fundamental considerar que la toxicidad de las micotoxinas al mismo tiempo está relacionada con los niveles de contaminación presentes en alimento.

- **Niveles de contaminación menores**

No todas las micotoxinas son capaces de producir micotoxicosis, esto es debido a que no todas tienen la capacidad de atravesar la barrera intestinal (**Fig 1**), hay que agregar otro factor, los niveles de contaminación, se considera que cuando existen niveles altos de contaminación estos son fácilmente absorbidos en el epitelio intestinal a diferencia de los bajos niveles de contaminación donde se cree que no son absorbidas y por lo

tanto no existe un daño en los órganos blanco, sin embargo, sí existe un daño por las micotoxinas el cual se manifiesta de manera subclínica (Caballero, 2015).

Debe considerarse también, que las micotoxinas al no ser absorbidas en su totalidad por el lumen intestinal, un porcentaje queda libre dentro del tracto gastrointestinal, pudiendo ser transformadas en compuestos menos tóxicos por a la acción de bacterias de manera natural. El concepto de biotransformación, es aplicado por algunos productos antimicotoxinas, en donde se ha atribuido a las levaduras o a algunas bacterias vivas la capacidad de eliminar micotoxinas a través de este fenómeno o bien formar al menos 500 metabolitos menos tóxicos que la micotoxina original (Ajello L, 2016).

De manera reciente la Unión Europea avaló que un microorganismo (*Genus Nov*) es capaz de biotransformar el deoxinivalenol, (uno de los tricotecenos de mayor prevalencia en los granos), su importancia radica en que esta micotoxina es considerada difícil de eliminar; este estudio fue realizado en cerdos (Rychen G, *et al.*, 2016).

Se ha comprobado que las aflatoxinas, DON, T-T2, fumonisina B1 y zearalenona aún a bajos niveles de contaminación interactúan con el sistema inmune intestinal, incrementando la susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas. Este daño se deriva de la inhibición de la síntesis de proteínas, por lo que las vellosidades intestinales se ven afectadas y con esto la absorción de nutrientes, la inmunosupresión a causa de las micotoxinas es uno de los efectos mayormente estudiados, por lo que dentro de la prevención algunas veces es posible emplear compuestos probióticos o prebióticos, a los cuales se les atribuyen capacidades inmunoestimulantes (Caballero, 2015).

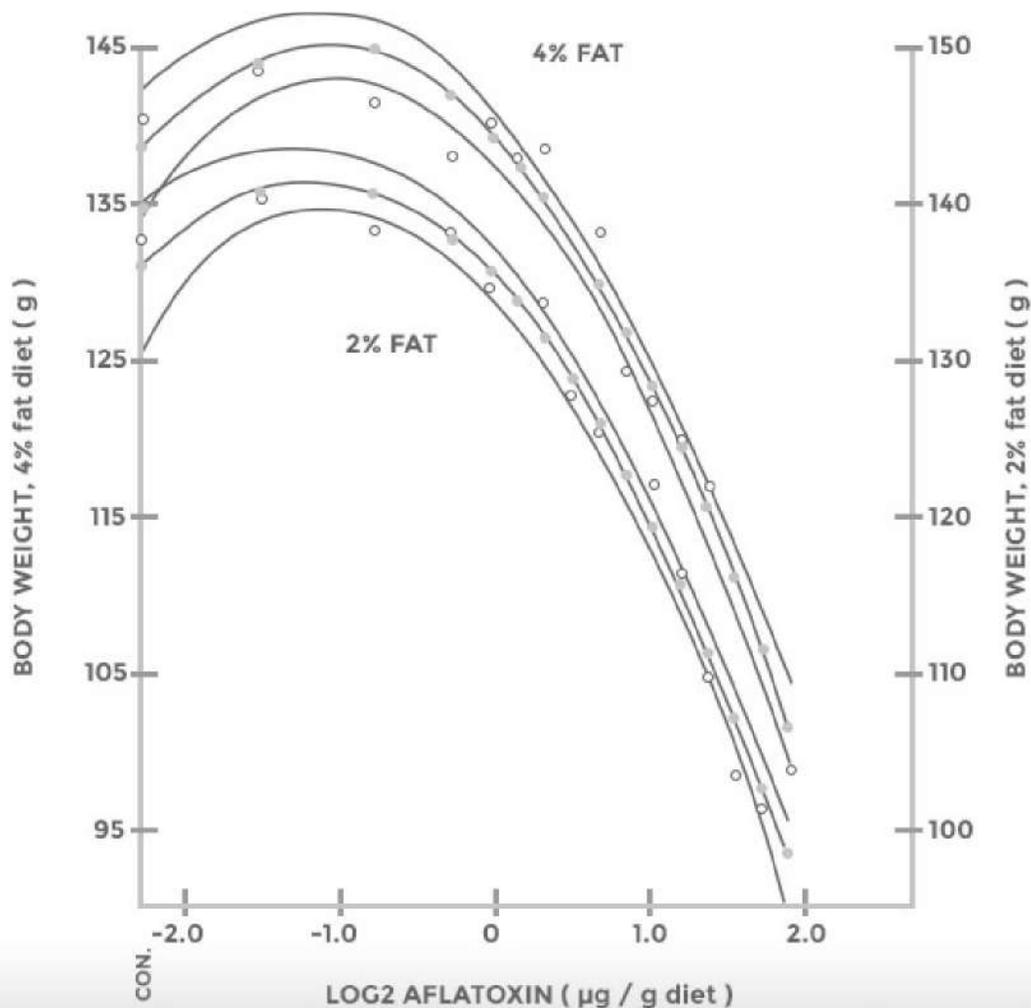
- **Hormesis**

El termino hormesis, deriva del vocablo griego "horm" que significa estimular. Una respuesta hormética está dada por inhibición, reacción tóxica o muerte de un organismo frente a dosis altas de ciertas sustancias y una estimulación de la actividad metabólica del mismo organismo cuando se encuentra bajo dosis inhibitorias de dicha sustancia, debido a esto se dice que este fenómeno tiene 2 vías de acción una directa o bien indirecta.

Hay micotoxinas de relevancia en las aves, una de ellas es la aflatoxina B1 debido a que su absorción es muy rápida en el intestino por lo que su susceptibilidad es muy alta; la hormesis es un concepto aplicable al consumo de esta micotoxina, ya que la intoxicación provocada tiene una respuesta bifásica, Fig 2. (Díaz *et al.*, 2008).

Hay autores que han señalado que dosis bajas de aflatoxinas pueden llegar a estimular el peso corporal por lo que la necesidad del uso de adsorbentes puede ser reevaluada, sin embargo la dosis que los autores señalaron como baja fue de 1,370 ppb de aflatoxina B1. Este tipo de respuesta no ha sido observada en otra especie más que en el pollo de engorda (Díaz *et al.*, 2008).

Fig 2. Respuesta hormética por consumo de *aflatoxina B1* (Poult Sci 2008. 87:727:732)



¿Qué indica la hormesis?

- La estimulación con dosis bajas es diferente a la inhibición o toxicidad por dosis altas.
- La estimulación por dosis bajas es una respuesta del desempeño biológico no de toxicidad.
- Determina como puede responder un sistema.

El efecto benéfico que notaron los autores sobre el peso corporal asociado a dosis bajas de aflatoxina B1 (1,370 ppb), se debe a que es una forma en que el organismo compensa el desequilibrio de la homeostasis debido a estos niveles de contaminación (Díaz *et al.*,

• Las micotoxinas y su interacción con agentes infecciosos

Aunque la fumonisina B1 no se considera de importancia en la industria avícola, esta micotoxina es capaz de alterar el metabolismo de esfingolípidos, esto provoca que se modifiquen los receptores bacterianos en la superficie de las células epiteliales, contribuyendo al aumento de bacterias patógenas, por ejemplo se ha

estudiado que las infecciones con *E. coli*, suelen ser más prolongadas cuando existe un consumo de fumonisina B1 (aún con niveles bajos), (Caballero, 2015).

Otra enfermedad muy común es la enteritis necrótica, de manera subclínica existe un daño en el epitelio intestinal que disminuye la absorción de nutrientes por lo que el peso corporal se ve afectado, de tal manera que cualquier agente capaz de alterar el tracto gastrointestinal, como las micotoxinas, son capaces de contribuir con el desarrollo de enteritis necrótica. Se ha comprobado también que algunos prebióticos y probióticos son capaces de fijar bacterias patógenas a su superficie, reduciendo de manera indirecta los efectos de las micotoxinas, generando incluso un efecto promotor de crecimiento (Caballero, 2015).

- **Endotoxinas**

Las micotoxinas son capaces de alterar la microbiota intestinal, la consecuencia es un incremento en la cantidad de endotoxinas dentro del tracto gastrointestinal. Las endotoxinas son lipopolisacáridos que se encuentran en las membranas celulares de las bacterias gram negativas, organizando y estabilizando dichas membranas (Caballero, 2015).

Se ha estudiado la relación de las micotoxinas con las endotoxinas y se ha encontrado que bajas concentraciones de zearalenona promueven una respuesta alérgica inhibiendo linfocitos, que facilitan la entrada de virus. También el deoxinivalenol tiene sinergia con las endotoxinas. Estas interacciones deben tomarse en cuenta, aunque estas micotoxinas no son consideradas de importancia en las aves (Caballero, 2015).

- **Efecto de las endotoxinas**

- Inducen a los macrófagos para producir citoquinas proinflamatorias, con esto se desencadena fiebre y una disminución en el consumo de alimento.
- De manera indirecta y para contrarrestar los efectos es necesario incrementar el uso de antibióticos y antiinflamatorios.
- Son capaces de potenciar los efectos de las micotoxinas

Conclusiones:

- Hay muchas variables que influyen en el grado del daño que pueden ocasionar las micotoxinas en las aves de producción, puesto que sus efectos no dependen solamente de su presencia en la materia prima o en el alimento, por lo que es fundamental utilizar productos con amplio espectro de adsorción hacia las micotoxinas de importancia

Referencias

- Faus C. La integridad intestinal: factores asociados a su mantenimiento. Selecciones Avícolas. 2008.
- Mallman CA. Micotoxinas, sistema de control y gestión para la agroindustria en nutrición animal. 2016.
- Ortiz Garcia MA. Implicación de la salud intestinal en aves. 2010.

- Grenier B. ¿Pueden los niveles bajos de micotoxinas perjudicar a la industria avícola? Centro de Competencia Manejo de riesgos por Micotoxinas. 2015.
- Caballero M. Micotoxinas en el tracto gastrointestinal, interacciones peligrosas
- Ajello L. biotransformación de micotoxinas: método de vanguardia. 2016.
- Rychen G. safety and efficacy of microorganism DSM 11798 as a technological additive for all avian species. J EFSA. 2016.
- Diaz GJ, Calabrese E, Blain R. aflatoxicosis in chicken (*Gallus gallus*): an example of hormesis?. *Poult Sci* 2008. 87:727:732

Preguntas frecuentes sobre el manejo en la Avicultura Orgánica

INTRODUCCIÓN

La demanda de productos orgánicos en México crece día a día y cada vez son más los productores que desean adoptar este sistema de producción. En el año 2015 se certificaron bajo la normativa mexicana, a 23 unidades de producción, lo que significó un inventario de 524 cabezas de ganado para leche, 1,291 cabezas de ganado para carne, 364,000 pollos para engorda y 138,601 kg de huevo; principalmente en los estados de Campeche, Ciudad de México, Guanajuato, Veracruz, Jalisco, Nuevo León y Yucatán. (SENASICA 2017).

De acuerdo a los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias (LOOAA) La producción animal orgánica considera los siguientes principios generales:

- 1) La relación **tierra animal-hombre**, donde el operador mediante el manejo de una adecuada densidad animal, permitirá que las excretas puedan nutrir el suelo que producirá el forraje para los animales, disminuyendo la contaminación y el uso de insumos externos como fertilizante, siendo estos abonos composteados para producción de granos y pastizales o para otras actividades en la finca o granja.
- 2) El **bienestar animal**, ya que existe una relación crítica con su salud. El éxito para mantener la salud del animal, es la prevención de enfermedades, a través de la alimentación de calidad, adecuadas instalaciones, buen manejo sanitario y la disminución del estrés, para reducir la necesidad del uso de tratamientos veterinarios de síntesis química y favorecer la producción orgánica.
- 3) Una adecuada **densidad animal en alojamientos**. La cual permite que el animal disminuya el estrés, expresando libremente los hábitos que lo caracterizan como echarse, dar vueltas, extender las alas, caminar, rascar, picotear el suelo, etc.

FUENTE: SENASICA 2017.

Dado a qué el sector de la avicultura orgánica empieza a tomar más auge día con día en nuestro país, a continuación menciono algunas de las preguntas más frecuentes que he recibido a lo largo de mi trayectoria profesional y experiencia dentro del sector en materia de manejo en este tipo de sistema de producción:

1. ¿Qué tipo de razas son las más recomendables para una producción de tipo orgánica?

En el caso de las productoras para huevo, las más comunes de adquirir en México son las razas: Rhode Island

Red y Plymouth Rock Barred estas razas son consideradas como razas semipesadas o criollas cuyo color del cascarón es de color rojo. Esto no significa que sean las únicas razas existentes en México y que puedan utilizarse, también existen otras razas como la de cuello desnudo o la raza Dominant. Incluso la raza de alta genética puede ser utilizada en este tipo de producción como por ejemplo: Isa Brown, Hy line o Babcock, el inconveniente que existe en México es que hay pocos proveedores y sobre todo confiables que conozcan del manejo y su crianza para la comercialización y proveeduría a estos proyectos. Estas últimas razas tienen una enorme ventaja en alta producción de huevo por ave durante su ciclo productivo que es hasta las 80 semanas siempre y cuando los manejos en la crianza sean los adecuados.

En el caso de la producción para carne contamos en México con las razas de alta genética como la Ross Breeders y Cobb Vantress en el caso de pollo de engorda y en el caso de la producción de guajolote las más comunes de usar son Diamante Blanco, Nicholas y Orlopp. Todas las razas mencionadas anteriormente pueden adaptarse muy bien a un sistema orgánico con sus debidos cuidados y correctos manejos. El tema de la genética es un punto crítico a considerar y de mucho cuidado sobre todo dónde se adquirirá, de tal forma que se garantice su calidad en cuanto a salud y parámetros como: peso, sexo, uniformidad, edad, programa de vacunación aplicado por el proveedor, documentación zoosanitaria y garantía de que es la raza solicitada.

2. ¿Se aplican vacunas en un sistema de avicultura orgánica?

Desde luego está permitido el uso de vacunas en un sistema de avicultura orgánica bajo una crianza de tipo intensivo porque lo que se busca mantener es el bienestar y salud de las aves. Además de cumplir las exigencias que vienen implementados en una Ley de Producción Orgánica (LPO) es importante destacar que también se deben cumplir con una Ley de Sanidad Animal establecida por SAGARPA y que esto permite garantizar una mayor inocuidad y seguridad alimentaria a los consumidores. Dependiendo la prevalencia de enfermedades en cada zona geográfica recomendamos siempre un programa total de vacunación para mantener protegidas a las aves. En el caso de la gallina de postura utilizamos en campo vacunas de reconocidos laboratorios para protegerlas de las siguientes enfermedades:

1. Enfermedades a proteger dentro de un calendario de vacunación en gallina de postura hasta las 80 semanas de vida

PROTECCIÓN CONTRA	VÍA DE ADMINISTRACIÓN
Viruela	Pliegue del ala
Newcastle	Ocular y oral
Pasteurella	Subcutánea
Coriza	Subcutánea
Bronquitis	Subcutánea y ocular
Síndrome de Baja Postura	Subcutánea
Laringotraqueitis	Ocular

La vacunación está permitida por la Ley de Producción Orgánica



3. ¿Qué tipo de alimentación se usa?

Es muy común que las personas tengan la inquietud sobre el tema de la alimentación que se les debe brindar a las aves. La calidad del alimento es otro aspecto muy importante que nos exige cumplir la Ley de Producción Orgánica (LPO). Para que un ave tenga un buen rendimiento y su genética pueda ser aprovechada al máximo es importante que se le brinden todos los nutrientes necesarios en la dieta tales como proteína, energía, carbohidratos, vitaminas, minerales. El LPO no permite la utilización en el balanceo de las aves que se le anexen antibióticos, coccidiostatos y fuentes de proteína animal provenientes de rastro como la carne, sangre, huesos, etc. La alimentación balanceada es indispensable si deseamos obtener excelentes resultados en materia de productividad sin sacrificar el bienestar animal, cuyo aspecto es importante cumplir.

2. El balanceo deberá ajustarse de acuerdo a los requerimientos de cada raza utilizada y condiciones ambientales de cada zona.

FASE	EDAD	PROTEÍNA (%)	ENERGIA (%)
Iniciación	1 día hasta las 6 semanas	20%	3.05 MCal/Kg
Crecimiento	De las 7 semanas hasta las 12 semanas	18%	3.05 MCal/Kg
Desarrollo	De las 13 hasta el inicio de la postura	16%	3.10 MCal/Kg
Postura Fase 1	Inicio de la postura hasta la semana 20 de producción	17%	2.88 MCal/Kg
Postura Fase 2	De la semana 21 hasta la 40 de producción	16%	2.86 MCal/Kg
Postura Fase 3	Después de la semana 40 de producción	15%	2.85 MCal/Kg

4. ¿Se pelechan las aves?

La pelecha es un fenómeno natural que se observa en gallinas, pavas y otras aves, todas las cuales dejan de poner huevos, mudan o se les caen las plumas y experimentan una serie de cambios fisiológicos que las preparan para volver a iniciar un ciclo de postura. Esto ocurre principalmente a finales de verano y otoño. En un sistema de producción orgánico la pelecha natural está permitida, pero en el caso de la pelecha parcial o forzada, ambas inducidas por el manejo, están contraindicadas debido al estado de tensión que se genera y que muchas veces desencadena enfermedades latentes e incremento de la mortalidad.

5. ¿Es necesario introducir gallos?

No es necesario introducir machos en el caso de gallinas de postura para la producción de huevo para plato, es decir, para su consumo humano. Generalmente los machos se introducen para la reproducción y obtención de huevo fértil para la incubación, pero esto implica un enorme conocimiento y capacitación y asesoría de seguimiento por especialistas en aves como los médicos veterinarios. En el caso de la reproducción de pavo y pollo de engorda también implica un área especialmente para su reproducción y la selección genética y manejo adecuado para la obtención de buenos resultados, además de las inversiones requeridas.

6. ¿Es común el despique?

El despunte y despique no está permitido por la Ley de Producción Orgánica. Sin embargo la presencia de canibalismo es más frecuente que se presente en este sistema de producciones, por ello también es muy importante brindarles las mejores condiciones en cuanto alojamientos, alimentación y bienestar para minimizar y controlar su presencia y no se generen pérdidas o mortalidades afectando la economía del dueño. En la avicultura orgánica se le deben dar a las aves áreas libres que les permitan tener un contacto directo con plantas, insectos, baños de sol y tierra lo cual ayuda en gran parte a minimizar el problema de canibalismo.

7. ¿Qué pasa si se enferman las aves?

Como toda avicultura intensiva en un sistema de producción orgánico se deberán implementar las condiciones sanitarias y programas de trazabilidad para monitorear el origen de la genética, insumos, alimento, vacunas utilizados en la granja y a su vez reforzar dicha sanidad con un estricto programa de bioseguridad, limpieza y desinfección durante la fase de crianza y producción. La prevención de las enfermedades es de vital importancia para evitar pérdidas innecesarias durante la producción. El manejo debe ser de tipo preventivo e implementar los cuidados que le permitan a las aves a desarrollarse con un buen bienestar. La salud implica mantener un control estricto en diversas áreas, desde las instalaciones, calidad genética, calidad del agua y alimento, monitoreo de parámetros productivos, etc. Actualmente se puede hacer uso de la homeopatía veterinaria, la siembra de plantas medicinales en la zona de pastoreo o elaboración de infusiones a base de hierbas o plantas con propiedades medicinales que pueden elaborarse y darse en el agua de bebida a las aves. También existen productos comerciales elaborados con principios activos permitidos por la LPO. En caso de que los tratamientos tradicionales no generen resultados se hará uso de los medicamentos alopáticos pero no deberán excederse a más de 3 tratamientos para que los productos como la carne y huevo puedan seguirse comercializando como alimentos orgánicos.

8. Al ser criadas en libre pastoreo se corre el riesgo ¿de qué los huevos los pongan en cualquier parte del terreno?

Para que esto no suceda se deben implementar la colocación de nidos dentro de la zona cubierta o galera antes de que las aves inicien la etapa de postura. Es recomendable instalar los nidos en la etapa de desarrollo preferentemente de 4 a 3 semanas antes de la postura para que se vayan acostumbrando a este tipo de equipos.

9. ¿Cuáles son los espacios que se requieren y tipo de instalaciones?

Se les debe dar protección a las aves ante las diversas condiciones climatológicas como el sol, el frío, las lluvias, el viento y humedad. El término gallinero, se refiere al conjunto de alojamiento techado. Vinculado a los espacios al aire libre con vegetación. El acceso al aire libre puede ser permanente o controlado. Cuando es controlado, se garantizará que al menos un tercio de la vida productiva de las aves, estarán al aire libre, lo cual puede hacerse de manera diferida por periodos cortos diariamente, o bien por periodos largos en menor número de días.

3. Se menciona el equipo más recomendando en uso en la avicultura orgánica

EQUIPO BÁSICO INDISPENSABLE

Bebederos de iniciación y tipo campana	Básculas
Comederos de iniciación y tolva	Hidrolavadora
Nidos	Cajas transportadoras de huevo
Perchas	Tinaco para la red hidráulica
Criadoras infrarrojas	Empaques
Termómetro	Jeringa para vacunación
Termohigrómetro	

Las galeras no deberán alojar más de:

1. 4,800 pollos.
2. 3,000 gallinas ponedoras.
3. 2,500 pavos.

El equipo básico es fundamental para la obtención de mejores resultados durante la crianza



10. ¿Nutricionalmente es mayor el pollo y huevo orgánico

Se ha demostrado en estudios realizados en Estados Unidos que el huevo de las gallinas criadas bajo libre pastoreo obtiene mayores propiedades en cuanto a vitamina A, vitamina E, betacarotenos y omegas 3. Los demás nutrientes con valores similares al huevo proveniente de gallinas bajo el sistema convencional.

4. Propiedades nutricionales en base a estudio USDANOP Organic.

PROPIEDAD NUTRICIONAL	GALLINA A LIBRE PASTOREO	GALLINA EN JAULA
Vitamina A	791.86 IU	487 IU
Vitamina E	3.73 mg	0.97 mg
Betacarotenos	79.03 mcg	10 mcg
Omegas 3	0.66 g	0.22 g

5. Efecto del genotipo y sistema de producción sobre el contenido de algunos nutrientes en carne de pechuga en pollo de engorda.

GENOTIPO	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	CENIZAS (%)	PROTEÍNA (%)	GRASA (%)	VITAMINA A (MG/G DE GRASA)	ALFA TOCOFEROL
Lento crecimiento	Acceso a pradera	4.00	13.90	4.47	14.61	274.07
Lento crecimiento	En caseta	4.00	5.25	5.25	9.90	334.93
Rápido crecimiento	Acceso a pradera	4.10	7.90	7.9	7.11	152.43
Rápido crecimiento	En caseta	4.00	8.86	8.86	11.34	212.40

En el caso de pollos de engorda se ha determinado en estudios recientes en Estados Unidos sobre rendimiento productivo, rendimiento cárnico y características de la carne en pollos criados bajo el sistema orgánico que avalan científicamente las ventajas y desventajas respecto a los criados en forma convencional.

11. En la avicultura convencional se usan hormonas y en la avicultura orgánica no se usan?

Esto es parte de los muchos mitos que se han generado a través del tiempo y que es importante aclarar que ni en la avicultura convencional y mucho menos en la avicultura orgánica se hace uso de hormonas para acelerar el crecimiento o la producción de carne y huevo de ave, esto es totalmente falso, el crecimiento y producción eficiente es gracias a los avances genéticos que se han desarrollado a lo largo de décadas en el sector avícola. Actualmente no existe un laboratorio que fabrique tal sustancia anabólica para acelerar el crecimiento de las aves, aparte que no sería nada rentable para los avicultores.

12. Qué tiene más demanda, ¿el huevo blanco o rojo?

Es importante detectar las preferencias del consumidor y del nicho de mercado a atender. En México generalmente tiene más demanda el huevo orgánico de color rojo por la asociación cultural del consumidor al asociarlo como más fresco, natural y de rancho.

Detectar lo que piden los consumidores es vital para generar acuerdos y fortalecer la parte de comercio justo



13. ¿De cuánto es la inversión para que sea rentable?

En estudios que se han realizado para el caso de proyectos de huevo orgánico de acuerdo a nuestra experiencia es de 2,500 a 3,000 aves. Sin embargo lleva una planeación previa en cuanto a los volúmenes para venta de acuerdo a la demanda y las inversiones que debe realizar los inversionistas. El objetivo de este tipo de emprendimientos es que también sean rentables, escalables y posteriormente replicables, todo dependerá de la visión que tenga el dueño o socios para expandir sus proyectos. Las inversiones pueden ser de \$600,000.00 pesos a \$1,200,000.00 pesos pero dependerá mucho de la infraestructura con que se cuente dentro del terreno. La inversión incluye infraestructura, equipo básico, genética, materia prima, insumos, alimento, mano de obra, sueldos, asesoría, comercialización, gastos extras.

Bibliografía

1. Guía de entendimiento del acuerdo por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias. SENASICA, marzo del 2017.
2. Los alimentos orgánicos en la salud. Capítulo VI producción de carne de pollo organica. Arturo cortés cuevas FMVZ UNAM., México 2015.
3. El huevo. Mitos, realidades y beneficios. María Covadonga T. Mónica Fonseca P. José A. Quintana L. Instituto Nacional Avícola, edit. Trillas, México 2012.

4. Avitecnia. José Antonio Quintana, Edit. Trillas, México 2013.

Ácido palmítico en la mitigación del síndrome de depresión de grasa láctea en vacas

Introducción

La grasa en leche de vaca se modifica con facilidad, su concentración depende en particular de la alimentación, y disminuye con niveles bajos de FDN o niveles superiores a 5 % de ácidos grasos (AG) poliinsaturados en la dieta. Estas condiciones favorecen la reducción de grasa en leche debido a dos cambios en la fermentación ruminal. El primero, existe menor síntesis de ácido acético, precursor de síntesis de grasa en la glándula mamaria. El segundo, favorece la síntesis del isómero *trans*-10, *cis*-12 del ácido linoleico conjugado (ALC) que inhibe la expresión de enzimas involucradas en la síntesis de AG (Bauman *et al.*, 2011). Dicho isómero es considerado el principal responsable de la reducción de grasa en leche de vacas, y esto se conoce como síndrome de depresión de grasa láctea (SDGL), caracterizado por una reducción hasta 50 % en la concentración de grasa en leche (Bauman *et al.*, 2011). El SDGL se presenta tanto en sistemas de producción estabulados como de pastoreo, aunque con frecuencia mayor en el primero. La desventaja del SDGL se basa en un menor rendimiento de subproductos como queso y mantequilla (Schiavon *et al.*, 2016), y para el productor representa menor precio por la leche. Ante este escenario, se propusieron alternativas para aliviar el SDGL en vacas estabuladas (Vyas *et al.*, 2013) y en pastoreo (Ramírez-Mella *et al.*, 2013) con resultados no satisfactorios. Entonces, se requieren alternativas nutricionales nuevas que contribuyan a la disminución del SDGL. Al respecto, el ácido palmítico (AP) es una opción viable porque incrementa la producción de leche y la concentración y rendimiento de grasa láctea (Piantoni *et al.*, 2013). Con base en este antecedente, la hipótesis en el estudio fue que la adición de fuentes purificadas de AP en dietas para vacas en pastoreo, donde se incluye el isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC, podría disminuir el SDGL, sin afectar el comportamiento productivo, objetivo principal de la presente investigación.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un rancho ubicado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. El clima se clasifica como cálido húmedo, lluvioso en verano y otoño. La lluvia promedio anual es 2 295 mm año⁻¹, húmedo de junio a octubre con 70 % de la lluvia anual, y seco de noviembre a mayo; la temperatura máxima, media y mínima registrada 35, 25 y 15 °C, respectivamente, con 77.4 % de humedad relativa.

Se utilizaron seis vacas ¾ Pardo Suizo Americano X Cebú en inicios de lactancia (31 ± 7 d en leche y 2.3 ± 0.8 partos; media ± desviación estándar), distribuidas en 3 grupos de 2 vacas cada uno. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos, en un Diseño Cruzado. Las vacas tuvieron un periodo de adaptación de 14 d y tres periodos experimentales de 21 d. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (Dieta base = pastoreo + alimento concentrado + ensilado de sorgo; Cuadro 1); 2) ALC (dieta base + 50 g de ALC; 3) ALC + AP (dieta base + 50 g de ALC + 412 g de AP). El ALC fue una mezcla de AG microencapsulados, que aportaron 6 g de *cis*-9, *trans*-11 y 6 g de *trans*-10, *cis*-12 ALC y el AP fue una mezcla de AG microencapsulados > 85 % en AP.

Las vacas estuvieron en pastoreo rotacional intensivo. La pradera fue mixta de *Cynodon plectostachyus* (18 %), *Brachiaria decumbens* (12 %) y *Brachiaria brizantha* (70 %). El consumo de forraje se calculó utilizando

óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). Cada vaca recibió 4 kg d⁻¹ de concentrado (mitad en cada ordeño; 05:00 y 16:00 h) y se mezclaba con el ALC y AP para el tratamiento correspondiente. Después de cada ordeña cada vaca recibió 4 kg d⁻¹ de ensilado de sorgo.

CUADRO 1. Composición química y perfil de AG de la dieta.

	FORRAJE	ENSILADO	CONCENTRADO	¹ ALC	² AP
Materia seca (%)	22.55	32.12	92.50	---	---
Materia orgánica (%)	83.10	89.62	95.11	---	---
Proteína cruda (%)	10.12	6.88	17.3	---	---
Fibra detergente neutro (%)	70.42	63.14	22.63	---	---
Fibra detergente ácido (%)	44.18	39.14	6.90	---	---
ENL ¹	1.54	1.11	1.80	2.46	3.07

¹ALC = Ácido linoleico conjugado;

²Ácido palmítico; ¹Calculado de acuerdo a las fórmulas del NRC (2001) para vacas lecheras.

La producción de leche se midió en cada vaca en los últimos 4 d de cada periodo experimental. De cada vaca en cada ordeña se obtuvieron muestras de leche que se almacenaron en viales de plástico (120 ml) y se conservaron en refrigeración a 5 °C para después analizar su composición química.

La determinación de grasa, proteína y lactosa en leche se realizó por espectrometría infrarroja (LactiCheck, EE.UU). Los análisis de las muestras de alimento fueron: MS, PC, cenizas, FDN, FDA (Van Soest *et al.*, 1991), y cenizas insolubles en ácido (Van Keulen y Young, 1977). En las muestras de heces se determinó cenizas insolubles en ácido y concentración de cromo.

La extracción de AG de la leche se realizó según la metodología de Feng *et al.* (2004). El perfil de AG de los componentes de la dieta y la leche se determinó utilizando la técnica de metilación de Palmquist y Jenkins (2003), en el cual los AG se presentan en forma de metil ésteres. Los metil ésteres de AG se identificaron en un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático con una columna capilar de sílice (100 m x 0.25 mm x 0.20 μm de grosor, Sp-2560, Supelco). La identificación de los AG se realizó comparando los tiempos retención de cada pico obtenido del cromatograma, con un estándar de 37 componentes de metil ésteres de AG, y un estándar específico para isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 de la compañía Nu-Check.

El consumo de energía neta (EN_i; MJ d⁻¹) se calculó multiplicando el consumo de MS por la densidad energética de los ingredientes de la dieta (NRC, 2001). La EN para mantenimiento (EN_M; MJ d⁻¹) se calculó como el peso metabólico (PV^{0.75}) × 0.08 × 4.184 (NRC, 2001). La EN requerida para la lactancia (NE_L; MJ d⁻¹) se calculó como la producción de leche (kg) × [(0.00929 × grasa g kg⁻¹) + (0.00563 × proteína g kg⁻¹) + (0.00395 × lactosa g kg⁻¹)] × 4.184 (NRC, 2001). Dado que las vacas estaban en pastoreo, se consideró el gasto energético por actividad física (EN_W; MJ d⁻¹), calculado como la distancia de recorrido diario [(km × 0.0019 × PV) + (0.0050

× PV]] (NRC, 2001). El balance de energía se calculó como $EN_I - (EN_M + EN_L + EN_W)$ y se expresa en $MJ d^{-1}$.

El diseño experimental fue un Diseño Cruzado, y los resultados se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS. Las medias se compararon con la prueba de Tukey, se declararon diferencias cuando $P < 0.05$.

Resultados

El consumo de forraje y MS total no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos, pero la producción de leche aumentó ($P < 0.05$) 1.17 y 1.07 $kg d^{-1}$ al proporcionar a las vacas ALC + AP respecto al tratamiento testigo y ALC (Cuadro 2).

CUADRO 2. Efecto del ALC y AP en el consumo de MS, producción y composición química de la leche de vacas.

	TRATAMIENTOS			
	TESTIGO	ALC	ALC+AP	EEM*
Consumo de MS ($kg d^{-1}$)	14.13	13.87	14.59	0.43
Producción de leche ($kg d^{-1}$)	15.47 ^b	15.21 ^b	16.38 ^a	0.37
Composición química de la leche ($g kg^{-1}$)				
Grasa	38.6 ^a	28.3 ^c	36.4 ^b	0.46
Proteína	33.2	33.1	32.8	0.02
Lactosa	48.0	47.9	47.5	0.03
Rendimiento de componentes en leche ($g d^{-1}$)				
Grasa	606.93 ^a	433.69 ^b	614.32 ^a	14.49
Proteína	516.89 ^b	501.74 ^b	553.40 ^a	11.89
Lactosa	750.46 ^b	714.38 ^b	842.04 ^a	19.31
Balance de energía ($MJ d^{-1}$)	-3.35 ^c	-0.30 ^b	2.82 ^a	1.16

^{a,b,c} Valores con distinta literal en un renglón son diferentes ($p \leq 0.05$).

*Error estándar de la media; ALC = Ácido linoleico conjugado; AP= Ácido palmítico.

Hubo diferencias ($P < 0.05$) en el rendimiento de proteína y lactosa en leche (Cuadro 2). La concentración de grasa en leche con los tratamientos ALC + AP y ALC disminuyeron 5.7 % y 26.7 % respecto al tratamiento testigo. Esta diferencia implica que la inclusión de AP en la dieta para vacas en pastoreo disminuyó en 76.7 % la caída de grasa en leche causado por la adición de ALC en la dieta. El balance energético fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, la adición de ALC + AP causó un balance positivo ($2.82 MJ d^{-1}$) en las vacas, comparadas con el balance negativo de las vacas en los tratamientos testigo ($-3.35 MJ d^{-1}$) y ALC ($-0.30 MJ d^{-1}$). La concentración de AG de cadena corta y media (C4:0 a C14:0) en la leche de vacas complementadas con ALC + AP fueron menores ($P < 0.05$) respecto a los tratamientos testigo y ALC (Cuadro 3).

CUADRO 3. Perfil de ácidos grasos (g 100 g⁻¹ AG) de la leche de vacas en pastoreo complementadas con AP y ALC.

ÁCIDO GRASO	TRATAMIENTOS			
	TESTIGO	ALC	ALC+AP	EEM*
< C16:0	25.62 ^a	24.96 ^a	19.46 ^b	1.32
C16:0 + <i>cis</i> - 9 C16:1	33.98 ^b	27.94 ^c	42.18 ^a	0.69
> C16:0	40.39 ^a	47.08 ^b	38.36 ^a	1.29
C18:2 <i>cis</i> - 9, <i>trans</i> - 11	1.12 ^c	1.68 ^a	1.54 ^b	0.03
Σ AG saturados	69.28 ^a	64.26 ^b	68.44 ^a	0.88
ΣAG monoinsaturados	28.91 ^b	33.29 ^a	29.32 ^b	0.85
ΣAG poliinsaturados	1.81 ^b	2.45 ^a	2.23 ^a	0.09

^{a,b,c} Valores con distinta literal en un renglón son diferentes ($p \leq 0.01$).

* EEM: Error estándar de la media; ALC= Ácido linoleico conjugado; AP= Ácido palmítico.

Discusión

El consumo de MS (Cuadro 2) de las vacas en estudio, está dentro del rango propuesto por el NRC (2001), para vacas con producción de leche inferior a 20 kg d⁻¹, lo cual explica el hecho que no se encontraran diferencias, debido a que la producción máxima de leche en el presente estudio fue 16.38 kg d⁻¹, por lo cual no se esperaba un consumo de MS superior a 16 kg d⁻¹ (NRC, 2001).

La producción de leche aumentó en vacas que recibieron AP. Este resultado es similar al reportado por Piantoni *et al.* (2013) quienes proporcionaron 384 g de AP a vacas. Sin embargo, Lock *et al.* (2013) y Rico *et al.* (2014) no observaron cambios en la producción de leche por efecto del AP, a pesar de haber usado cantidades de AP similares. En el presente estudio, el incremento en la producción de leche con los tratamientos AP se debió al mayor aporte de energía en la dieta por la adición de AP (Cuadro 1). Asimismo, el aumento en la producción de leche de las vacas complementadas con ALC + AP, se debió a un uso más eficiente de glucosa (Hötger *et al.*, 2013). Al respecto, la reducción de síntesis *de novo* de AG en glándula mamaria provocado por AG de cadena larga, disminuye el uso oxidativo de glucosa en la ruta metabólica de la pentosa fosfato, al inhibir la acetil CoA carboxilasa (Palmquist y Jenkins, 1980), y dado que la glucosa es necesaria para la síntesis de grasa láctea, ya que provee el NADPH empleado en la síntesis *de novo*, al reducirse la síntesis *de novo* de AG, existe ahorro de glucosa, misma que puede ser usada para sintetizar más lactosa (Hötger *et al.*, 2013), y considerando que la lactosa es el principal osmo-regulador en la captación mamaria de agua (Rigout *et al.*, 2002), entonces es de esperarse que la producción de leche aumente, como observamos en el presente estudio. El hecho que las vacas de dichos tratamientos tuvieran un ahorro de glucosa, conduce a un uso más eficiente de la EM, lo cual deriva en un balance de energía positivo (von Soosten *et al.*, 2012).

En el tratamiento con solo ALC, la grasa fue menor ($P < 0.05$) respecto a los tratamientos testigo y AP. Esto indica transferencia positiva del isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC de la dieta a leche. El isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC no afecta la cantidad de grasa en leche en las primeras etapas de la lactancia (Pappritz *et al.*, 2011), debido a que, durante este período, los AG presentes en la leche provienen mayormente de la movilización de las reservas corporales de la vaca, más que de la síntesis *de novo*, y los efectos del *trans*-10, *cis*-12 ALC son más importantes en la síntesis *de novo* que en la movilización y transporte de AG (Baumgard *et al.*, 2002). Por

tanto, el mayor efecto a la síntesis *de novo* indica el porqué de la eficiencia del AP en la reducción de la caída de grasa por efecto de incluir ALC en la dieta. Esto se debe a que incluir suplementos de AP en la dieta para vacas, como en este estudio, incrementan la disponibilidad de AP en la glándula mamaria. En consecuencia, se reduce la síntesis *de novo* debido a que la síntesis de grasa láctea a partir de AG dietarios resulta en una ruta metabólica de mayor eficiencia (Loften *et al.*, 2014). Asimismo, el AP estimula la síntesis de triglicéridos en glándula mamaria de vacas (Hansen y Knudsen, 1987). Debido a lo anterior, la concentración de grasa en leche se incrementa (Piantoni *et al.*, 2013; Lock *et al.*, 2013; Rico *et al.*, 2014).

Incluir en la dieta para vacas lactantes AP es más eficiente en estimular la síntesis de AG durante el SDGL provocado por el isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC, debido a que la transferencia del AP a leche (Vyas *et al.*, 2013) es hasta del 50 %. Al respecto, Kadegowda *et al.* (2008) y Vyas *et al.* (2013) reportan que suplementar con AG no mitiga el SDGL provocado por el isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC, nuestros resultados son diferentes a los de ellos debió a que la concentración de AP (86.0 %) que utilizamos fue mayor respecto a la utilizada por ellos (27.5 %), lo que llevó a que en nuestro estudio si se mitigara el SDGL. Asimismo, la inclusión de AP en la dieta de las vacas aumentó 29 % la concentración de dicho AG en grasa láctea respecto al tratamiento testigo, indicando transferencia positiva del AP complementado, lo que en consecuencia provocó incremento en la concentración de grasa en leche.

En el presente estudio, la concentración de ácido palmítico en leche de vacas complementadas con AP fue de 39.5 % similar al reportado por Piantoni *et al.*, 2013; Lock *et al.*, 2013 y Rico *et al.* (2014), quienes suplementaron AP a vacas lecheras estabuladas. Es interesante observar que a pesar que la dosis de AP en dietas para vacas fluctúa de 500 g a 1,500 g, la concentración de AP en la grasa láctea no rebasa el 40.0 %, aspecto importante a considerar, ya que un valor superior afectaría negativamente la fluidez de la leche dentro de la glándula mamaria (Loften *et al.*, 2014). Sin embargo, esta necesidad de mantener la fluidez en leche, trae como consecuencia disminución de la concentración del isómero *cis*-9, *trans*-11 ALC en la leche (Rico *et al.*, 2014), razón por la cual, en el presente estudio, la concentración de dicho isómero en la leche de vacas del tratamiento ALC + AP, fue 8.3 % menor respecto al tratamiento ALC. Sin embargo, al comparar la concentración del isómero *cis*-9, *trans*-11 ALC con el tratamiento testigo, fue superior en 72.7 %. Esto indica que la adición de AP a la dieta de vacas complementadas con ALC, incrementa la concentración de ambos AG en la leche, respecto al tratamiento testigo, permitiendo ofrecer al consumidor una leche con un perfil lipídico con mayor potencial funcional.

Conclusión

La inclusión de ácido palmítico en la dieta de vacas $\frac{3}{4}$ Suizo Americano X Cebú en pastoreo mitiga la caída de grasa en leche provocado por la inclusión de ácido linoleico conjugado en la dieta de las vacas. Además, aumenta el rendimiento de proteína y lactosa en leche, y propicia un balance de energía positivo, pero no cambia el consumo de materia seca ni la concentración de proteína ni lactosa en leche.

Literatura citada

Bauman, D. E., K. J. Harvatine, and A. L. Lock. 2011. Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 31:299-319.

Baumgard LH, Matitashvili E, Corl B, Dwyer D, Bauman D. 2002. *Trans*-10, *cis*-12 Conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 85: 2155-2163.

Feng, S., A. L. Lock, and P. C. Garnsworthy. 2004. A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *J. Dairy Sci.* 87:3785-3788.

Geerken, C.M., Calzadilla, D. y González, R., 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y forrajes*, 10, 266-273.

Hansen, H. O., and J. Knudsen. 1987. Effect of exogenous long-chain fatty acids on individual fatty acid synthesis by dispersed ruminant mammary gland cells. *J. Dairy Sci.* 70:1350-1354.

Hötger, K., H. M. Hammon, C. Weber, S. Görs, A. Tröscher, R. M. Bruckmaier, and C. C. Metges. 2013. Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *J Dairy Sci.* 96(4):2258-2270.

Kadegowda, A. K. G., L. S. Piperova, P. Delmonte, and R. A. Erdman. 2008. Abomasal infusion of butterfat increases milk fat in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:2370-2379.

Lock, A. L., C. L. Preseault, J. E. Rico, K. E. DeLand, and M. S. Allen. 2013. Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci.* 96:6650-6659.

Loften, R.J., Lin, G.J., Drackley, K.J., Jenkins, C.T., Soderholm, G.C. & Kertz, F.A. 2014. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 4661-4674.

NRC. 2001. *Nutritional Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Palmquist, D. L., and Jenkins, T. C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *J. Anim. Sci.* 81(12): 3250-3254.

Palmquist, D. L., and T. C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations: Review. *J. Dairy Sci.* 63:1-14.

Pappritz, J., U. Meyer, R. Kramer, E. M. Weber, G. Jahreis, J. Rehage, G. Flachowsky, and S. Danicke. 2011. Effects of long-term supplementation of dairy cow diets with rumen-protected conjugated linoleic acids (CLA) on performance, metabolic parameters and fatty acid profile in milk fat. *Arch. Anim. Nutr.* 65:89-107.

Piantoni, P., A. L. Lock, and M. S. Allen. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 96:7143-7154.

Ramírez-Mella M., Hernández-Mendo O., Ramírez-Bribiesca E, J., Améndola-Massiotti R. D., Crosby-Galván M. M. and Burgueño-Ferreira J. A. 2013. Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Trop. Anim. Health Pro.* 45:1783-1788.

Rico, J. E., M. S. Allen, and A. L. Lock. 2014. Compared with stearic acid, palmitic acid increased the yield of milk fat and improved feed efficiency across production level of cows. *J. Dairy Sci.* 97:1057-1066.

Rigout S, Lemosquet S, Van Eys JE, Blum JW, Rulquin H. 2002 Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:595-606.

Schiavon, S., G. Cesaro, A. Cecchinato, C. Cipolat-Gotet, F. Tagliapietra, and G. Bittante. 2016. The influence of dietary nitrogen reduction and conjugated linoleic acid supply to dairy cows on fatty acids in milk and their transfer to ripened cheese. *J. Dairy Sci.* 99:1-20.

Van Keulen J., and Young B. A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44, 282-287.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

von Soosten D, Meyer U, Piechotta M, Flachowsky G, Dänicke S. 2012. Effect of conjugated linoleic acid supplementation on body composition, body fat mobilization, protein accretion, and energy utilization in early lactation dairy cows. *J Dairy Sci.* 95, 1222-1239.

Vyas, D., U. Moallem, B. B. Teter, A. R. K. Fardin-Kia, and R. A. Erdman. 2013. Milk fat responses to butterfat infusion during conjugated linoleic acid-induced milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96: 2387-2399.

Cruzamientos recomendados para bovinos en el sistema de producción de doble propósito

RESUMEN

Este escrito se elaboró para bovinos en pastoreo bajo condiciones de temporal, en el sistema de producción de doble propósito (SPDP), como el de la llanura costera del Estado de Veracruz. Se ofrecen algunos conceptos de genética, presentados de manera coloquial. Se recomiendan genotipos de nivel de sangre europea entre media sangre a tres cuartos, y se ejemplifican algunas maneras de lograrlo.

INTRODUCCIÓN

En el sistema de producción de doble propósito con bovinos (SPDP), las vacas son ordeñadas, y además crían a sus becerros, los cuales al destete se venden para engorda.

En este sistema de producción, la tecnología utilizada es muy básica, y el ganado se encuentra en pastoreo, generalmente extensivo, bajo condiciones de temporal, por lo cual el pasto es la principal o única fuente de alimento. Lo anterior origina una marcada estacionalidad productiva y reproductiva, debido a que durante la época de lluvias existe abundante alimento disponible, por el rápido crecimiento del forraje, pero durante la sequía, el crecimiento de los pastos es prácticamente nulo. Por esto, durante lluvias, a los animales puede sobrarles el pasto, el cual se envejece y su calidad disminuye, mientras que, durante el estiaje, la alimentación del ganado se ve mermada, y las praderas se deterioran por el sobrepastoreo.

Por otra parte, los animales se encuentran expuestos a los parásitos, enfermedades y estrés calórico típicos de las regiones tropicales.

Debido a todo lo anterior, los índices productivos y reproductivos del SPDP suelen ser muy bajos, con intervalos entre partos que a veces llegan a los dos años, y lactancias cortas, que apenas alcanzan a destetar a los becerros, y poco productivas. Es más conveniente seguir las prácticas de zootecnia básicas, centradas en la prevención de enfermedades y en mantener la alimentación de los animales en aceptable calidad y cantidad a través del año, que resolver los problemas que se generan por no hacerlo.

LA ZOOTECNIA

En el caso del SPDP, la zootecnia se puede definir como el conjunto de técnicas enfocadas en proporcionar a los bovinos las condiciones de salud y de bienestar que permitan su mejor desempeño, y el mejor aprovechamiento de sus productos (carne, leche, y en ocasiones, piel) y derivados; con el fin de obtener un máximo rendimiento en las unidades de producción pecuaria, bajo el criterio de sustentabilidad.

Los pilares de la zootecnia suelen recordarse a través de la palabra mnemotécnica ?GAMAS?, compuesta de las primeras letras de las palabras: Genética, Alimentación, Manejo, Administración, y Sanidad. Primero se ofrece una definición, y después nos enfocaremos, dentro del tema de Genética, en los cruzamientos

recomendados para el SPDP, como el de la llanura costera del estado de Veracruz.

Genética: ¿Parte de la biología que estudia los genes y los mecanismos que regulan la transmisión de los caracteres hereditarios?. Las diferentes razas de ganado tienen genes apropiados a ciertos ambientes y objetivos de producción. Para el SPDP, en donde la leche es importante, se recomienda que sean genotipos Holstein por cebú, o Suizo Pardo por cebú, en proporción de 50 a 75% de la raza europea.

Alimentación: Proceso mediante el cual los bovinos ingieren los nutrientes necesarios para su sobrevivencia, reproducción, y producción (carne y leche). Para el SPDP, se basa en el pastoreo, con conservación de forraje para el tiempo de estiaje, u otras alternativas que aseguren forraje todo el año a los animales, más minerales y agua fresca y limpia a libertad, y suplementación estratégica.

Manejo: Acción de organizar o conducir un ente o una situación hacia un fin determinado. En el caso del SPDP, esto incluye el manejo de la pradera o del pastizal, la distribución de sombreaderos, bebederos, y saladeros; el manejo del pastoreo, los grupos de manejo, los corrales y el equipo, el manejo reproductivo y el productivo: dónde y cómo se ordeña, cuántas ordeñas, etc., entre otros temas.

Administración: Proceso de planteamiento de objetivos y metas, planeación del trabajo, consecución de los recursos, organización de las actividades, y verificación de la correcta ejecución de las mismas. También trata de las acciones tendientes a determinar, y decidir estrategias para mejorar la rentabilidad de la unidad de producción pecuaria. En el caso del SPDP, esto incluye seguir calendarios de manejo, y llevar al menos los registros productivos y reproductivos más básicos, así como los de ingresos y egresos.

Sanidad: Prevención de enfermedades y de situaciones de riesgo para los bovinos: vacunaciones, desparasitaciones externas e internas, cuidado al recién nacido y a la vaca fresca. Nota: El tratamiento de enfermedades, no es zootecnia, sino medicina veterinaria.

GENÉTICA (COLOQUIAL)

La genética, en zootecnia, se refiere a cómo debe de ser el animal para los objetivos deseados y las condiciones de trabajo disponibles. En el SPDP, la interacción entre el ambiente y los bovinos es muy estrecha; el ambiente no se puede cambiar tanto, como con ganado estabulado, por lo que algo de resistencia al medio tropical del ganado, es tan importantes como la productividad; en el caso de este escrito, en leche y becerros.

Vamos a tratar primero algunos conceptos de genética, de manera muy breve y coloquial, y después se abordará el tema de los cruzamientos recomendables.

El fenotipo y el genotipo

El fenotipo es el animal mismo; el término se refiere principalmente a lo visible, como color, tamaño, etc., pero incluye también el temperamento y su potencial productivo. El fenotipo proviene del genotipo más el medio ambiente (¿Yo, soy yo y mis circunstancias?).

En el caso del SPDP, se propone que el ganado sea cruzado, o de raza compuesta, de una raza europea lechera y una cebuina. De esta manera, se busca ganado que tenga apariencia, o fenotipo, de ser lechero; es decir, el cuerpo debe ser más bien anguloso (poco redondeado), casi sin giba, y, si se mantiene solo una raza europea en el genotipo, se puede pedir que tenga los colores característicos de esa raza; también debe de

tener algunas características físicas de los cebús: las orejas más largas y colgantes, y la piel en la papada, también más colgante que en el europeo puro. Estas características muestran que el ganado tiene genes que le dan algo de resistencia al medio. Si se ponen, además, algunas metas productivas adecuadas a la región (son menos estrictas mientras mayor temperatura-humedad haya), se tiene el panorama completo. Por ejemplo, lactancias no menores a seis meses, y 1500 kg de leche ordeñada por lactancia.

En cambio, el genotipo es el conjunto de genes que tiene el animal.

Los cromosomas

Los genes son unidades de almacenamiento de información, codificada dentro de las moléculas de DNA. El DNA es como "El libro de la vida", que contiene las instrucciones de todos los procesos biológicos particulares a cada bovino, en este caso.

Cómo las tiras de DNA son muy largas, "El libro de la vida" (por favor, permita las similitudes) está subdividido en "Tomos". Cada "Tomo" es una porción de DNA, enrollada apretadamente, formando lo que se conoce como un cromosoma. Los cromosomas, están compuestos de DNA, más moléculas que ayudan al "empaque".

Cada especie tiene un número específico de cromosomas. Los bovinos tienen 60 cromosomas. Los cromosomas están en pares; uno proviene del padre, y el otro proviene de la madre del animal. Los bovinos tienen 30 pares de cromosomas.

Cada célula, que forma los tejidos de los órganos, y del resto del organismo, contiene exactamente la misma información en su DNA. Y cada DNA es único, a menos que el bovino, en este caso, tenga gemelos idénticos. Las únicas células en el animal que tienen DNA diferente, son las reproductivas, llamadas gametos: óvulos y espermatozoides.

Los gametos

En el proceso de formación de los gametos, los cromosomas no se replican tal cuales son, como en las demás células del organismo. Cuando se van formando los gametos, los pares de cromosomas se entremezclan, resultando en una combinación de los cromosomas de la mamá y del papá del bovino. Los puntos de intercambio son aleatorios, por lo que cada cromosoma mezclado es diferente al cromosoma homólogo en otro gameto del mismo animal. Además, en los óvulos y espermatozoides, los cromosomas no están en pares; solo hay uno de cada tipo de cromosoma; es decir, los gametos tienen 30 cromosomas, en el caso de los bovinos (no 30 "pares").

Por eso, cada óvulo es un poco diferente a cualquier otro óvulo de la misma vaca, y cada espermatozoide es un poco diferente de los otros, en el mismo semental. En el momento de la fecundación, cada tipo de cromosoma del óvulo se unirá a su homólogo, del espermatozoide. La cría tendrá una muestra de los genes de su padre y de su madre.

Los efectos genéticos

La acción de los genes puede tener efectos llamados "aditivos", cuyo resultado se puede añadir a la de miles de genes más, en forma independiente a la presencia o ausencia de otros genes. Los efectos genéticos aditivos se mantienen en la descendencia, porque no importa con qué otros genes queden combinados; de esta manera es que los efectos aditivos son heredables. O también, los efectos de los genes pueden depender

de sus combinaciones con otros genes; estos efectos ¿no aditivos? se llaman de ¿dominancia? y de ¿epistasia?. Estos efectos no se mantienen en la descendencia, porque, generalmente, los genes no se mantienen con su contraparte, y, se consideran no heredables.

Por ejemplo, dos vacas igualmente productivas, podrían no heredar de la misma manera a sus hijas, si una de ellas tiene más efectos de dominancia y epistasia, y la otra tiene más efectos aditivos.

Algo similar sucede con los sementales; algunos tendrán, en promedio, mejores hijas que otros. Esto será imposible de conocer si los ranchos donde estén las hijas no llevan registros. En algunos países, los toros de raza pura, se prueban con miles de hijas; de manera que se puede estimar cuáles toros tienen mayores probabilidades de tener mejores hijas que el promedio de los sementales de donde se hayan seleccionado (el ambiente siempre hay que tomarlo en cuenta), porque transmiten sus efectos aditivos.

Los caracteres de importancia económica tienen efecto de todo tipo de genes (aditivos, de dominancia y de epistasia). En general, los caracteres de conformación son más heredables que los de producción, y éstos son más heredables que los de resistencia (salud, reproducción, y longevidad), que prácticamente no son heredables, y están muy influidos por el ambiente.

Parecido entre parientes

Cada cría es un poco diferente de sus hermanos y hermanas, aunque provengan del mismo padre y de la misma madre. Aun así, los parientes tienen más genes en común entre sí, que con el resto de la población, por lo que existe el parecido entre parientes. Entre más cercano el parentesco, mayor la probabilidad de parecido. Los parentescos más cercanos son los de hermanos completos y de padre ó madre con hijo/a.

Eso podría ayudar a tomar decisiones. Por ejemplo, si tenemos dos sementales a elegir, similarmente bien formados, sanos, etc., se debería de preferir aquel cuya madre, y/o hermanas, o en general, sus parientes hembras, hayan sido más productivas.

En producción de leche se tiene el inconveniente de que, a diferencia de la producción de carne, no tendremos nunca ningún registro productivo de los sementales. Tendremos que considerar las producciones de leche de sus ancestros hembras, sus hermanas, y, sobre todo, sus hijas, porque en ellas podemos observar qué tan heredables fueron las características productivas.

Paréntesis de taxonomía

El ambiente influye de tal modo que, a través de los años, por selección natural, por sí sola, o modificada por el humano, se han formado diversos tipos de animales. En el caso de los bovinos, existen dos grandes grupos o subespecies: *taurus*, conocidos como ¿ganado europeo?, ya que originalmente fueron importados de Europa, e *indicus*, que es el ganado cebú, cuyo origen fue Asia y África, y fueron llamados así por India.

La taxonomía es la ciencia de clasificar a los organismos, y consta de siete niveles o taxones: 1- Reino, 2- Phylum, 3- Clase, 4- Orden, 5- Familia, 6- Género y 7- Especie. En el caso de los bovinos, a partir de ¿Familia?, la clasificación taxonómica es la siguiente: Familia: *Bovidae*; Subfamilia *Bovinae* (otra subfamilia importante es la *Caprinae*); Género *Bos*; Especie *taurus*; Subespecies *indicus* y *taurus*. Generalmente, se les hace referencia simplemente como ¿*Bos taurus*? y ¿*Bos indicus*?

CRUZAMIENTOS

Con buen manejo zootécnico: Genética, alimentación, etc., los animales pueden y van a expresar su potencial genético, y los productos podrán ser bien aprovechados.

Sin embargo, mejores condiciones de vida y trabajo, deberían ser aprovechados por los mejores animales, dentro del genotipo que se haya decidido sea el más apropiado para la unidad de producción pecuaria.

El mejoramiento genético se logra a través de dos herramientas: la selección, misma que puede, o no, ser apoyada con técnicas de genómica, y los cruzamientos. La selección se hace dentro de razas, ya sean puras o compuestas, tratando de tener los mejores genes de efectos aditivos, o heredables, en la generación siguiente.

Los sistemas de cruzamiento consisten en aparear, de manera ordenada y siguiendo un plan, animales de diferentes razas.

Razones para utilizar sistemas de cruzamiento

Los sistemas de cruzamiento se utilizan, por ejemplo, para aprovechar los efectos de heterosis, que es la ventaja debida a los efectos por combinación (efectos no heredables) que se producen al cruzar razas distintas. La mayor ventaja ocurre en los F1, o producto de la primera combinación de dos razas muy diferentes. Se diseñan los cruzamientos para aprovechar el mejor comportamiento en las cruzas terminales; es decir, todos los animales resultado de tales cruzamientos son para venta, ya que su buen comportamiento no es heredable. Estos cruzamientos se utilizan mucho en varias especies para producción de carne.

También se utilizan sistemas de cruzamiento cuando los caracteres de importancia económica no sean heredables o sean poco heredables. Para el SPDP se requiere que los bovinos tengan suficiente resistencia al medio ambiente. Anteriormente, se mencionó que los caracteres de resistencia: resistencia a enfermedades, reproducción y longevidad, son poco o nada heredables, por lo tanto, se propone utilizar un sistema de cruzamiento para mejorar esas características en el SPDP.

Los sistemas de cruzamiento, además, permiten el mejoramiento genético rápido al introducir genes de productividad en las razas adaptadas localmente. Para el caso del SPDP de la llanura costera de Veracruz, se propone introducir genes de las razas lecheras Holstein y Suizo Pardo Americano, al ganado cebú, el cual está bien adaptado al medio ambiente del trópico subhúmedo.

Los niveles más adecuados de los genotipos para SPDP, son entre media sangre y 75% de una raza europea, con el complemento de una raza cebuina.

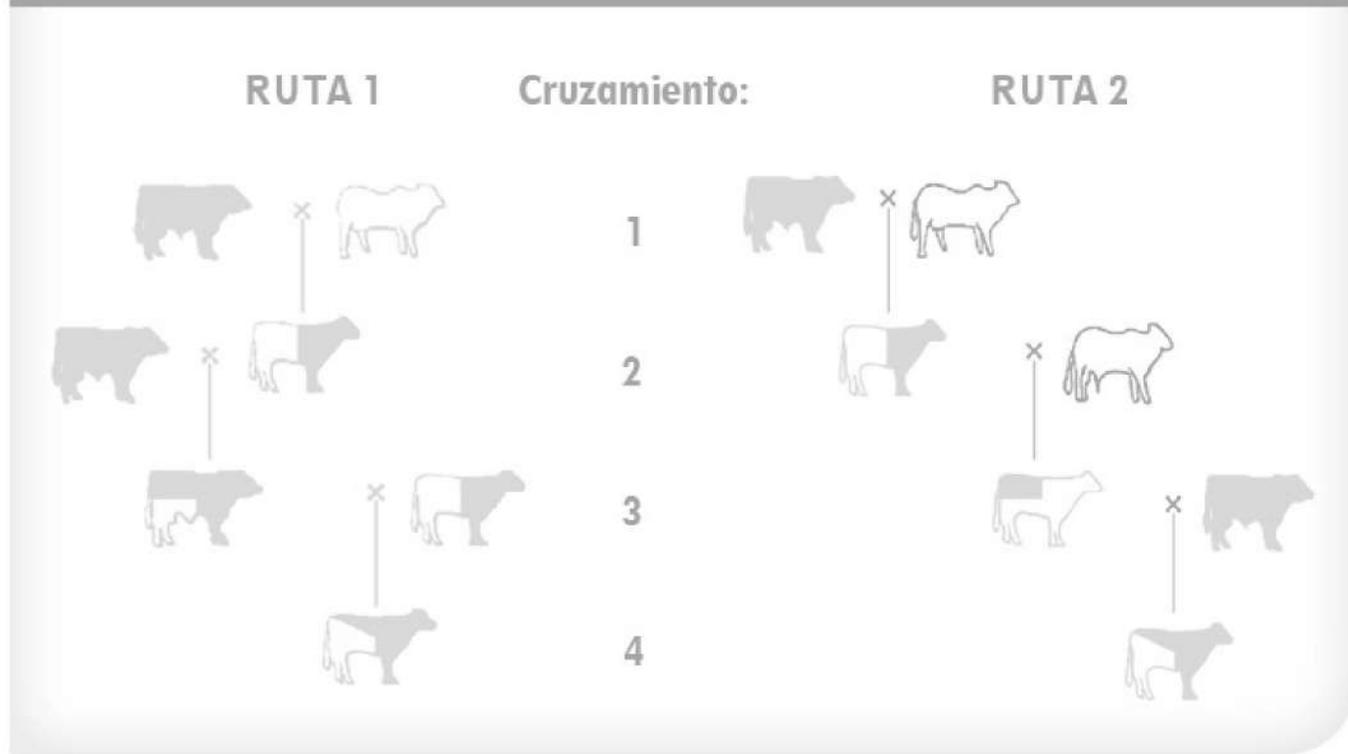
Sistemas de cruzamiento para obtener 5/8 a 3/4 de raza europea

Si se cuenta con vacas cebú puras, y se desea obtener ganado para el SPDP, con entre 5/8 a 3/4 de la raza europea, se recomienda seguir alguno de los sistemas de cruzamiento, que se muestran en la Figura 1.

Se hace notar que, cuando se señala un cruzamiento con un semental europeo puro, dice se inseminan, porque todo el ganado europeo puro sufre en el ambiente del trópico, y su fertilidad baja, lo cual es especialmente negativo para sementales; además, es preferible comprar semen de toros probados, aunque

sean extranjeros.

FIGURA 1 | Dos sistemas de cruzamiento: Ruta 1 y Ruta 2, para obtener bovinos con genotipo 5/8 de la raza europea, para el sistema de producción de doble propósito.



Ruta 1. 1) Las vacas cebú se inseminan con toros europeos puros, Holstein o Suizo Pardo Americano. Las crías resultantes son F1. Los machos se venden, mientras que, 2) las hembras se inseminan con toros europeos puros. De estos cruzamientos se obtienen crías 3/4 europeo, 1/4 cebú. Es un excelente nivel de sangre europea, si el rancho está muy bien manejado. Los machos bien conformados pueden utilizarse como sementales, siempre y cuando no se crucen con parientes cercanos. 3) Los sementales 3/4 se cruzan con vacas media sangre, ya sea F1 o no (el F1 es necesariamente hijo/a de dos razas distintas). De este cruce se obtiene el ganado 5/8 europeo, que es el nivel buscado. Sin embargo, es probable que los toros 5/8 europeos obtenidos por esta ruta, no sean muy buenos sementales; se requeriría probarlos por la productividad de sus hijas.

Ruta 2. 1) Las vacas cebú se inseminan con toros europeos puros, Holstein o Suizo Pardo Americano. Las crías resultantes son F1. Los machos se venden, mientras que, 2) las hembras F1 se inseminan con toros cebú puros. De estos cruzamientos se obtienen crías 1/4 europeo y 3/4 cebú, por lo que los machos se venden al rastro. Es muy probable que la mayoría de las hembras sean poco productivas (siempre hay excepciones). Sin embargo, se utilizan como madres de futuros sementales, ya que 3) se inseminan con toros europeos puros. Se obtiene el ganado 5/8 de raza europea, que es el nivel buscado en el hato. Los toros 5/8 europeos, bien conformados, obtenidos por esta ruta pueden utilizarse como sementales, siempre y cuando no se crucen con parientes cercanos.

Genotipos de crías de sementales 3/4 y 5/8 con vacas cruzadas

Los genotipos de las crías de los sementales 3/4 y 5/8 de la raza europea, cuando se cruzan con vacas de nivel europeo 1/2, 5/8 y 3/4, se muestran en el Cuadro 1 y Fig. 2.

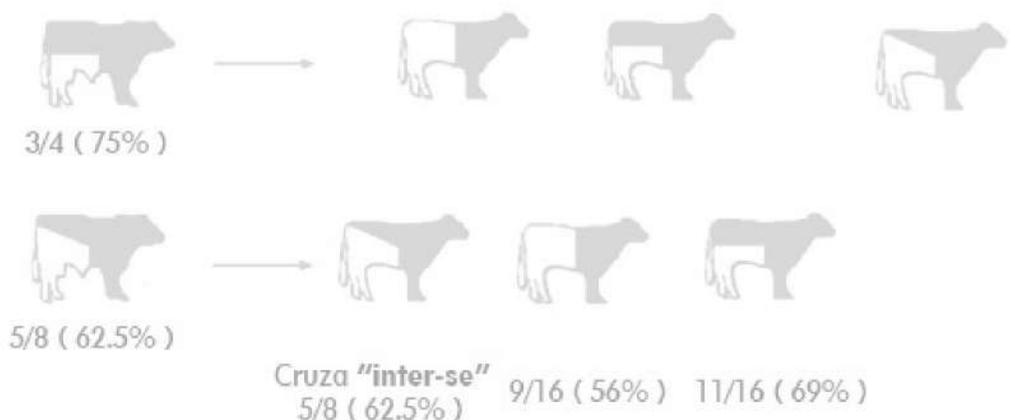
CUADRO 1 | Genotipos obtenidos en las crías, hijos de la cruce de sementales 3/4 y 5/8 europeos con vacas 1/2, 5/8 y 3/4 europeas, con complemento cebú.

Vacas, nivel europeo	Semental 3/4 Europeo	Semental 5/8 Europeo
1/2 (50%)	5/8 Europeo (63%)	9/16 Europeo (56%)
5/8 (63%)	11/16 Europeo (69%)	5/8 Europeo (63%)*
3/4 (75%)	3/4 Europeo (75%)*	11/16 Europeo (69%)

* Cruza inter-se.

FIGURA 2 | Genotipos de crías de sementales 3/4 y 5/8 europeos, cuando se cruzan con vacas media sangre (1/2), 3/4, y 5/8 europeas, con complemento cebú.

Los Sementales Producen:



Cruzamientos en base a genotipo de los animales existentes

Si las vacas disponibles no son cebú puras, se deben de servir con sementales cruzados; para los fenotipos más acebusados, elegir sementales 3/4 Holstein o Suizo Pardo, por cebú. Y para las vacas de fenotipo más europeo, elegir sementales 5/8 Holstein o Suizo Pardo por cebú. Para todas las subsiguientes generaciones, elegir sementales del nivel europeo de su preferencia; si tiene muy buen manejo, y condiciones climáticas más benignas, se recomienda tener bovinos 3/4 europeos.

CONCLUSIÓN

Para facilitar los registros, es preferible que se elija una sola raza europea, Holstein o Suizo Pardo Americano. Esto tendrá la ventaja adicional, de que se puede verificar la paternidad de los becerros, por fenotipo.

Llevar bien los sistemas de cruzamiento requiere mucho orden, pero vale la pena hacerlo.

Evaluación de la sustentabilidad en el sector agropecuario: un acercamiento a las metodologías

Maribel Molina Rivera^{1*}, Rafael Olea Pérez¹, Carlos Manuel Arriaga Jordán², Fernando Prospero Bernal², Francisco Aurelio Galindo Maldonado¹. Con apoyo del proyecto PAPIIT IV200715 y del Programa de Maestría y Doctorado en CPSA

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México; ²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad tiene como objetivo alcanzar una interacción armoniosa entre los ecosistemas (ambiente), la sociedad y la economía, para preservar la vida en el planeta a través de las generaciones; y a pesar de que estos componentes o dimensiones de la sustentabilidad (ambiental, social y económica) actúan con dinámica propia y a simple vista ¿independiente?, no pueden ser concebidos ni explicados separados uno del otro ya que cada componente interactúa con los otros (Figura 1) a lo largo del tiempo (González-de Molina, 2011). Un claro ejemplo de estas interacciones son los sistemas de producción agropecuaria, en donde las decisiones tomadas para un componente tienen consecuencias positivas o negativas sobre los otros componentes; lo anterior se ilustra brevemente en el siguiente ejemplo: Si en una producción de bovinos de carne en pastoreo se decide practicar un pastoreo rotacional intensivo, con buen rendimiento económico y baja afectación a los recursos forrajeros, habrá simultáneamente beneficio económico y ambiental; así, mayores ingresos en las unidades de producción asegurarán fuentes de trabajo y por tanto mejorará la calidad de vida.

FIGURA1. INTERACCIÓN ARMONIOSA ENTRE LAS DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD



Las decisiones tomadas en una producción agropecuaria encaminadas a mejorar alguno de los componentes mencionados anteriormente, y como consecuencia la armonía entre estos, se llaman acciones de desarrollo sustentable (Pope *et al.*, 2004). Para saber, de manera objetiva, si estas acciones tienen un beneficio o un perjuicio, sobre la producción y los componentes de la sustentabilidad, deben ser evaluadas a través de herramientas metodológicas de análisis de la sustentabilidad (Masera *et al.*, 2000). Estas herramientas ayudan a analizar las dimensiones social, económica y ambiental de un sistema de producción (Pope *et al.*, 2004) con la finalidad de encontrar puntos críticos donde se puedan aplicar mejoras; esto es muy útil ya que ayuda a tomar decisiones para aplicar alguna acción de desarrollo sustentable que genere un cambio positivo la cual también debe ser evaluada (Masera *et al.*, 2000) para saber si su aplicación tuvo efectos positivos o negativos y en qué proporción. Estas evaluaciones se hacen a través de Marcos de Evaluación de la Sustentabilidad.

MARCOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

Los marcos o herramientas para la evaluación de la sustentabilidad (MES) en el sector agropecuario son diversos, pero en este artículo sólo se explicarán cuatro, por ser en los que se han realizado evaluaciones enfocadas a la producción animal en México. Estos son: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación (SAFA) e Indicadores de la Sostenibilidad de Explotaciones Agrícolas (IDEA), los cuales se han utilizado para evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción de leche y carne en México.

Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Es el único método que está estandarizado para su uso en cualquier sector productivo y para cualquier región del mundo (ISO14040), tiene la ventaja de incluir los efectos de todos los insumos, servicios y procesos involucrados usados en un producto, de una forma objetiva y con un

equivalente de impacto estandarizado de acuerdo a las emisiones que se generen (Brown *et al.*, 1987), o sea que evalúa todas las cargas ambientales al agua, suelo o aire (IHOBE, 2009, Roy *et al.*, 2009). Por ser un proceso de evaluación tan escrupuloso en todos los insumos y servicios, también se puede usar para conocer la intensidad de uso de insumos finitos como agua, suelo, combustibles fósiles, etc. Por ejemplo, si se desea saber el potencial de contaminación con relación al aire, como es la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que genera la producción de un litro de leche envasada (Figura 2), no solo se consideran los eructos de las vacas lecheras, sino que se incluyen las emisiones desde la obtención de recursos, su transformación y producción de alimento y forraje para las vacas, la industrialización de la leche hasta la disposición final de los residuos que genera este producto (como los envases vacíos) o los procesos en toda la cadena, los combustibles para transportación, el estiércol o la quema de pastizales, si lleva a cabo esa práctica (IHOBE, 2009). Así, una vez que se calculan todas las emisiones de GEI en cada punto, estas emisiones se transforman en unidades estándar (en este caso, equivalentes de CO₂) que permite su comparación con cualquier otro producto. Por ejemplo, las emisiones de GEI generadas por la producción de un litro de leche se pueden comparar con la producción de carne, huevo u hortalizas (Roy *et al.*, 2009). También sería fácil detectar en qué parte de la producción y distribución de un litro de leche se requiere optimizar los recursos para reducir las emisiones. Esta estandarización de las unidades, con las que se miden las emisiones, es una de las ventajas mayores porque da la posibilidad de hacer comparaciones dentro y fuera de la cadena de producción en una forma muy objetiva, lo que permite tener menor incertidumbre acerca de los puntos de oportunidad para optimizar recursos y reducir emisiones. Esto claramente se ilustra en la evaluación de Cederberg & Mattsson (2000) en donde compararon una unidad de producción convencional de leche contra una orgánica, en el estudio encontraron los puntos críticos de cada producción, la causa de cada uno y la forma en que pueden mejorarse para reducir la emisión de contaminantes y a su vez hacer más eficiente la producción. Como este hay muchos estudios que han evaluado diferentes sistemas de producción o sistemas similares con manejos zootécnicos diferentes y en cada uno de ellos se busca identificar los puntos en los que se puede mejorar el sistema para reducir las emisiones de contaminantes. Uno de ellos es el que Olea *et al.* realizaron en 2009, donde compararon cuatro formas de producción intensiva de cerdos, incluso con objetivos y condiciones totalmente diferentes, pues dos fueron para México (producción intensiva y semiintensiva) y dos para Inglaterra (producción intensiva y orgánica); debido a la estandarización de las unidades fueron fácilmente comparables. Detectando puntos específicos de mejora en cada uno de los sistemas y resaltando la importancia del manejo de las excretas en las granjas mexicanas. Para la utilización de este MES se debe conocer con mucha precisión todo el proceso productivo, esto facilita que se pueda hacer una evaluación económica completa (Olea, 2010) y construyendo indicadores sociales para cada eslabón de la cadena de producción también podría evaluarse la dimensión social. Sin embargo, las normativas del ACV han sido desarrolladas con énfasis en la evaluación del impacto ambiental y no se considera como una herramienta que por sí misma integre la evaluación de todas las dimensiones de sustentabilidad.

FIGURA 2. EMISIONES DE GEI DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE LECHE.



Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). A diferencia del ACV, este marco, sí considera las tres dimensiones de la sustentabilidad desde un principio y lo hace a través de indicadores que se pueden adaptar a diversas condiciones. Por ejemplo, si se desea aplicar MESMIS para evaluar un sistema de producción de bovinos de carne en pastoreo, se definen no solo la forma de producción de los animales, sino también las características sociales inmersas en este modo de producción (p.ej. personal, salarios, prestaciones) y se identifican las vulnerabilidades del sistema (p.ej. carga animal y calidad del forraje) y sus puntos fuertes (p.ej. diversidad forrajera). Con estos elementos se construyen los indicadores a evaluar. El resultado final de la evaluación es la elección de estrategias de corrección, las cuales deben entrar a un nuevo proceso de evaluación tras su aplicación para hacer un ciclo virtuoso. Siguiendo con el ejemplo, si durante la evaluación se detectó que había riesgo de erosión y pérdida de productividad asociada a sobrepastoreo, entonces se podría tomar como medida correctiva mejorar las prácticas de pastoreo (rotación de potreros, tiempo de recuperación de cultivos, etc.) y podría evaluarse después en un nuevo ciclo productivo. Teniendo en cuenta lo anterior, MESMIS, determina que siempre deben evaluarse al menos dos sistemas de forma simultánea o el mismo sistema con un lapso entre evaluaciones; esto es muy importante ya que los resultados se emiten de forma comparativa, es decir, dictamina si un sistema agropecuario es más o menos sustentable que el otro (Masera *et al.*, 2000; Astier *et al.*, 2008). MESMIS tiene gran utilidad para la toma de decisiones sobre acciones

encaminadas a reducir las debilidades de los sistemas de producción. Una desventaja al ser tan amplio y diverso, es que la elección y evaluación de los indicadores están sujetas al criterio y experiencia del evaluador y la evaluación de ambos sistemas de preferencia deben realizarse por la misma persona, para aumentar la objetividad y disminuir la incertidumbre de los resultados. Sin embargo, por ser tan amplio y diverso, es común que un solo evaluador no pueda contar con experiencia tan amplia como para evaluar objetivamente todos los indicadores y frecuentemente se cae en ponderaciones subjetivas basadas en la poca o mucha experiencia del evaluador, por lo que se requeriría tener un equipo de expertos para aumentar la objetividad, sin correr el riesgo de aumentar la incertidumbre en los resultados. Sin embargo, su utilidad es palpable para tomar decisiones sobre acciones encaminadas a reducir las debilidades de los sistemas de producción. Un ejemplo del alcance y aplicabilidad está muy claro en el trabajo de Silva (2016), donde aplicó la metodología de MESMIS para comparar el efecto de tres diferentes sistemas de pastoreo en trópico mexicano (pastizal, silvopastoril y con forrajes nativos). En el estudio se usaron 19 diferentes indicadores para evaluar cuatro dimensiones de sustentabilidad (ambiental, bienestar animal, económica y social); resultando en la detección de las principales fortalezas y debilidades para cada sistema de pastoreo, lo que facilitó la consideración no solo del ambiente sino también de la integración de los otros factores, como el bienestar animal que se favorece en los sistemas de vegetación más diversa (Silvopastoril y con vegetación nativa), beneficios que con las otras metodologías no había sido detectados.

Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación (SAFA; por sus siglas en inglés: *Sustainability Assessment for Food and Agriculture systems*)

SAFA se parece mucho a MESMIS; sin embargo, evalúa una dimensión más, la institucional o ¿gobernanza? (Spangenberg, 2004; FAO, 2014a). La gobernanza une a las tres dimensiones para fijar un objetivo de mejora; básicamente esta dimensión adicional se refiere a las políticas o leyes generadas por los gobiernos o las reglas internas de la empresa que se deben seguir en materias relacionadas con el desarrollo sustentable (Spangenberg, 2004). La forma de evaluación de esta metodología también es a través de indicadores, pero a diferencia de MESMIS, SAFA cuenta con una lista de 118 indicadores y establece la forma de calificarlos, con cinco criterios que van desde muy bueno hasta inaceptable (FAO, 2013), pero no se determina la forma de evaluarlos, lo cual queda a criterio y experiencia de la persona responsable de la evaluación (FAO, 2014a; FAO, 2014b). A favor tiene, que se puede hacer uso de la guía de indicadores proporcionada por FAO (FAO, 2014a) para realizar la colecta de información y determinar los métodos de evaluación. También existe un software libre que facilita la asignación de calificaciones de los indicadores (*SAFA tool*; FAO, 2014b). Sin embargo, al igual que MESMIS, SAFA adolece de objetividad en la ponderación de los indicadores que se evalúan y la variabilidad por efecto de la experiencia del evaluador puede ser alta.

Un ejemplo del uso de SAFA es la evaluación que Pérez-Lombardini (2017) hace en México con ganadería tropical en pastoreo, para identificar sinergias entre criterios de sustentabilidad con diferentes sistemas de pastoreo (monocultivo, silvopastoriles intensivos o con forrajes nativos). En este estudio, no fue posible encontrar diferencias entre los sistemas de pastoreo, pero como la propia bondad de la metodología lo refiere, sí se encontraron puntos de oportunidad de mejora para cada unidad evaluada.

Indicadores de la Sustentabilidad de Explotaciones Agrícolas (IDEA, por sus siglas en francés: *Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles*)

IDEA al igual que SAFA, establece todos los indicadores a evaluar y la forma de calificarlos, pero a diferencia de MESMIS y SAFA, IDEA define la forma de evaluación. El método IDEA consta de 42 indicadores y cuenta con una guía donde describe el alcance de cada indicador, la forma y criterios de evaluación, los cuales describen características deseadas de cada uno y argumentos para la toma de decisiones y la asignación de

calificaciones para cada indicador. Al concluir la evaluación cada dimensión puede obtener una calificación de la sustentabilidad de 0 a 100 puntos (Vilain, 2008). Sin embargo, la ponderación y guía para establecer los criterios está construida para sistemas franceses de producción agropecuaria, donde pueden diferir las prácticas y manejos estándares con respecto a los de México. Sin embargo, esto no limita su beneficio cuando se ha aplicado y adaptado en nuestro país. Al respecto Prospero-Bernal *et al.* (2017), usaron IDEA como herramienta para evaluar establos lecheros a pequeña escala en la región templada de México, y tras una primera evaluación, detectaron como punto de oportunidad la modificación de las estrategias de alimentación en esos establos. Previo a la segunda evaluación con IDEA, ellos propusieron como mejora dos alternativas de alimentación (pastoreo directo o corte de forraje y estabulación). Donde, encontraron que cuando en las unidades de producción (UP) se usaron las estrategias de alimentación que les permitieron asegurar una fuente constante de forraje (ensilaje y pastoreo continuo) tuvieron una mejor evaluación tras su implementación, que al proporcionar el alimento en pesebre. Pero la mejoría no fue solo en la productividad del establo, sino que, integrando la evaluación de todas las dimensiones, también fue mejor la diversidad local, el desarrollo ético y humano, y la independencia económica en las UP que alimentaron por pastoreo al ganado.

CONCLUSIONES

La evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios es muy útil, ya que permite obtener una visión amplia de la calidad del sistema con respecto a sus relaciones con el ambiente, el mercado y la sociedad de forma simultánea. Permite, además, identificar procesos dentro de la unidad de producción o de la cadena productiva que pueden mejorarse a través de la implementación de acciones específicas detectadas por la aplicación de diversas herramientas (Olea, 2010; Silva, 2016, Pérez-Lombardini, 2017 y Prospero-Bernal *et al.*, 2017).

A pesar de esta amplia gama de herramientas, la evaluación de la sustentabilidad no es una tarea fácil debido a que, la sustentabilidad es relativa, multidimensional, compleja y dinámica, además tiene muchas formas de evaluación, cada una de ellas con ventajas y desventajas y en prácticamente todas las metodologías, la exactitud de los resultados depende de la habilidad, experiencia y conocimientos del evaluador ya sea para escoger los indicadores adecuados o seleccionar la forma de evaluarlos. Incluso, el elegir la herramienta a utilizar depende de estos mismos factores; sin embargo, no se trata de decidir qué metodología es mejor, sino cuál de ellas revelará de mejor forma las ventajas y desventajas que cada unidad o sistema de producción tiene y de acuerdo con los objetivos del trabajo a realizar.

LITERATURA CITADA

Astier M, Masera O *et al.* (2008) Evaluación de la sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, España, Sociedad Española de Agricultura Ecológica.

Brown B, Hanson M *et al.* (1987) Global sustainability: toward definition. *Environmental Management*. Vol. 11. Núm. 6.

FAO (2013) Sustainability assessment of food and agriculture: Indicators. [En línea] Disponible desde: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf

FAO (2014a) Sustainable assessment of food and agriculture: Guidelines. [En línea] Disponible desde: <http://www.fao.org/3/a-i3957e.pdf>

FAO (2014b) Sustainability assessment of food and agriculture systems: Tool. User manual. [En línea] Disponible desde: <http://www.fao.org/3/a-i4113e.pdf>

- González-de Molina M (2011) *Introducción a la agroecología*. España, Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- IHOBE (2009) *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto*. España, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- ISO 14040 (1997) *Environmental management: Life Cycle Assessment, principles and framework*. Suiza.
- Masera O, Astier M *et al.* (2000) *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales*. México, Mundi-Prensa.
- Olea R, Guy J *et al.* (2009). Pigmeat supply chain: Life cycle Analysis of contrasting pig farming scenarios. *Aspects of Applied Biology* 95, 91-96.
- Olea R (2010) *Analysis of Sustainability in the Pig Production Chain: Life Cycle Assessment of Contrasting Scenarios*. Thesis of PhD degree. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK.
- Pérez Lombardini F (2017) *Valoración de indicadores de sustentabilidad en sistemas de pastoreo de monocultivo y silvopastoriles de bovinos de carne y leche en el trópico subhúmedo de Yucatán, México*.
- Pope J, Annandale D *et al.* (2004) Conceptualizing sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 24.
- Prospero-Bernal F, Martínez-García C *et al.* (2017) Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of México. *Tropical Animal Health Production*.
- Roy P, D. Nei, T. Orikasa *et al.* (2009) A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*. Vol. 90.
- Silva Cassani N (2016) *Evaluación integral de dimensiones de sustentabilidad (ambiental, bienestar animal, económica y social) de sistemas ganaderos (monocultivo, silvopastoril y monte) en diferentes unidades de paisaje en el trópico mexicano*.
- Spangenberg J (2004) Sustainability beyond environmentalism: The missing dimensions. *Ecological Indicators* Col. 41.
- Vilain L (2008) *El método IDEA: Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias*. París, Educagri Ediciones.

La ordeña con asistencia de oxitocina, no afecta los porcentajes de gestación en vacas F1

INTRODUCCIÓN

En los sistemas bovinos de doble propósito de las zonas tropicales de México, la mecanización de la ordeña ha traído consigo la eliminación del uso tradicional del ternero para estimular la eyección de la leche, lo cual ha generado que en la actualidad, uno de los procedimientos más utilizados consista en inyectar oxitocina diariamente para estimular el bajado de la leche sin presencia del becerro (Villa *et al.*, 2003).

La oxitocina también es la hormona mediadora del proceso de luteólisis actuando como regulador de la amplitud de la secreción pulsátil de prostaglandina F₂ (PGF₂) (Kotwica *et al.*, 1999). Para que se de este proceso, la neurohipófisis aumenta la secreción de oxitocina por el estímulo de los estrógenos; la interacción de oxitocina hipofisiaria con los receptores de oxitocina en el endometrio, evoca la secreción de pulsos luteolíticos de PGF₂ por parte del útero, el cuerpo lúteo (CL) responde a los pulsos uterinos de PGF₂ con pulsos de oxitocina que van a actuar en el útero estimulando los pulsos de PGF₂, generando un sistema de retroalimentación positiva que se mantiene hasta ocasionar la luteólisis (Niswender *et al.*, 2000; McCracken *et al.*, 1999).

El CL es una glándula transitoria, cuya función principal es la producción de progesterona (Niswender *et al.*, 2000; McCracken *et al.*, 1999), hormona que regula las secreciones uterinas y oviductuales, de las cuales, el embrión es dependiente totalmente durante los primeros días de desarrollo (Roberts y Bazer, 1988), por lo que altas concentraciones de progesterona entre los días 14 - 17 del ciclo estral, favorecen el desarrollo embrionario temprano y por lo tanto el reconocimiento de la gestación (Mann y Lamming, 1999). Por consiguiente, las anomalías en la función del CL o bien, un retraso en el inicio de la fase lútea, se ven reflejados en bajos niveles de progesterona, siendo esto, una causa importante de la falla en la gestación (Larson *et al.*, 1996).

MATERIAL Y MÉTODOS

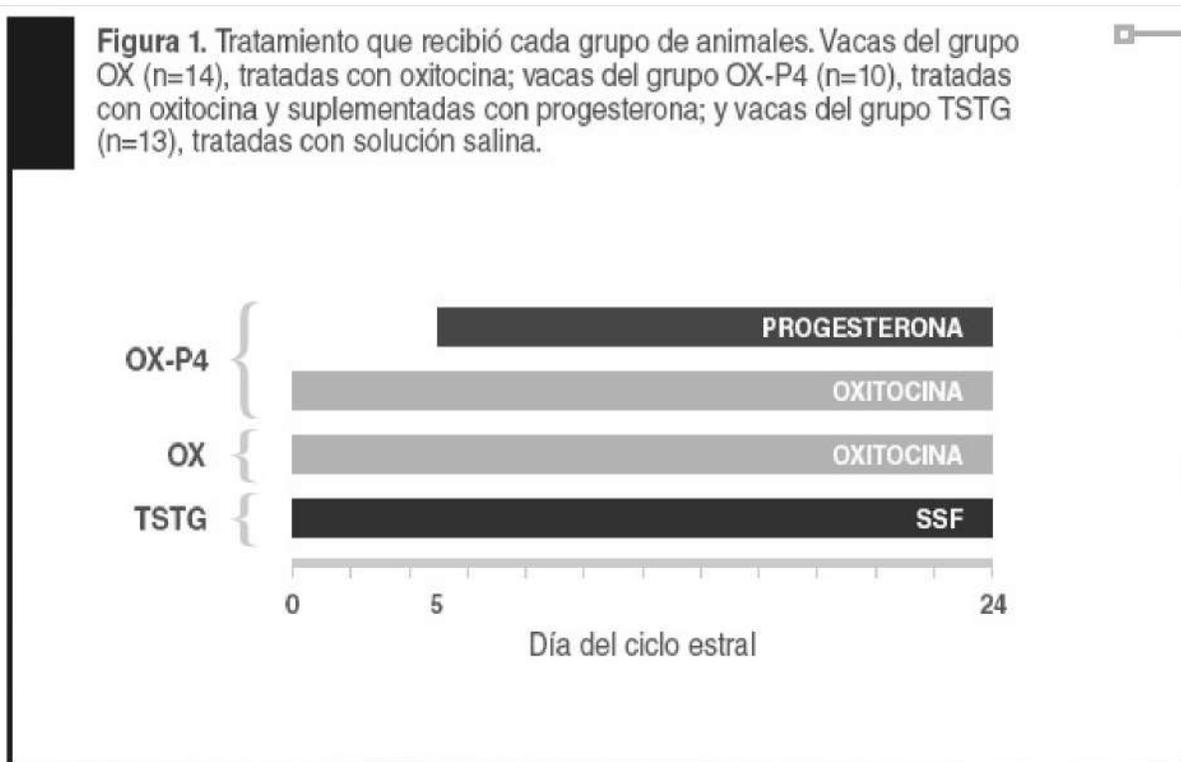
ANIMALES

Se utilizaron vacas F1 (*B. taurus* x *B. indicus*), con 75 días posparto en promedio, mantenidas bajo condiciones de pastoreo intensivo en praderas empastadas con Estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), gramas nativas (*Axonopus* spp y *Paspalum* spp) y pastos introducidos (*Brachiaria brizanta* y *B. humidicola*), asociadas con leguminosa (*Arachis pintoii*), suplementadas con sales minerales *ad limitum* y alimento concentrado (2kg/vaca/día) con 18% de PC. Todas las vacas amamantaron a su cría durante el primer día posparto. Posteriormente, se sometieron a ordeño mecánico una vez por día, sin apoyo de becerro.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Experimento 1. Concentración sérica de progesterona en vacas tratadas con oxitocina y vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona.

Se utilizaron 37 vacas a las cuales se les sincronizo el celo como se describe a continuación: Día 0, inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR-B); día 8, retiro del CIDR-B, aplicación de 300 UI de eCG y aplicación de 35 mg de prostaglandina F_{2γ} a los animales que presentaron cuerpo lúteo. Al finalizar la sincronización, las vacas se asignaron al azar a tres grupos: Grupo OX (n=14), se trató diariamente con 20 UI de oxitocina IM; Grupo OX?P4 (n=10), se trató diariamente con 20 UI de oxitocina IM y se suplementó con progesterona del día 5 al 24 después de detectado el celo, reinsertando el mismo CIDR-B que se utilizo en la sincronización. Grupo Testigo (TSTG) (n=13), se le administró diariamente 1 ml de solución salina fisiológica IM.

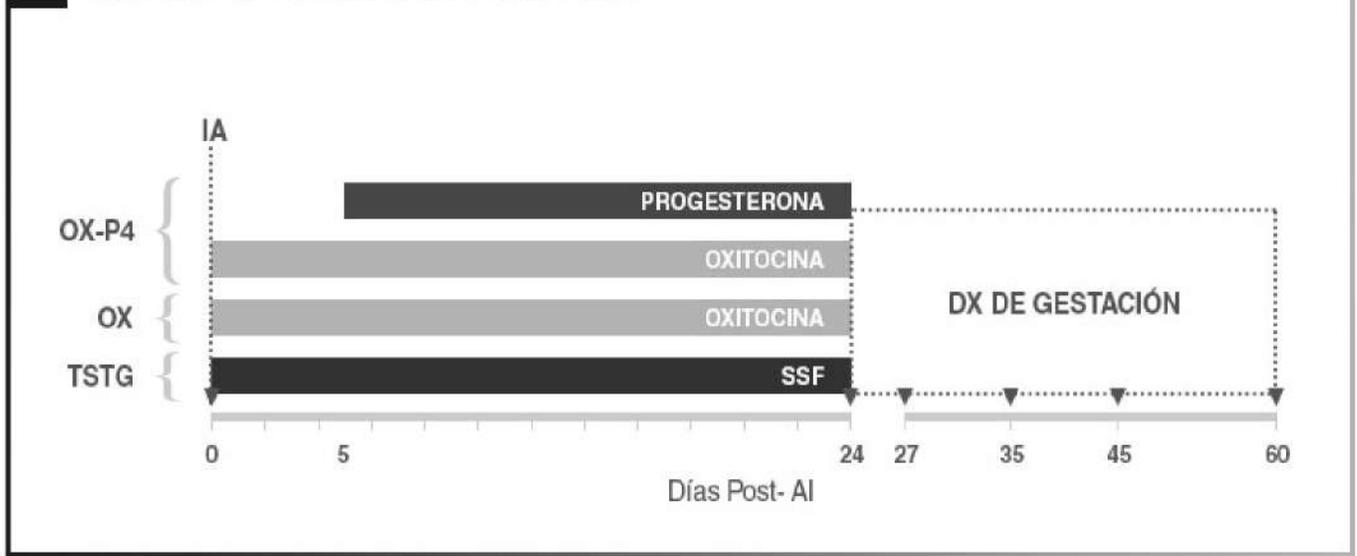


El muestreo sanguíneo de todas las vacas se realizó diariamente, por punción de la vena coccígea, comenzando 48 horas después de finalizar la sincronización, concluyendo el día 25 después de detectado el celo. De las muestras colectadas se extrajo el suero sanguíneo y se conservo a -4 °C. Se determinó la concentración sérica de progesterona por radioinmunoanálisis en fase sólida utilizando el Tes Kit Coat-A-Count Progesterone In-vitro Diagnostic (Diagnostic Products Corporation).

Experimento 2. Porcentajes de gestación en vacas tratadas con oxitocina y vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona.

Se utilizaron 48 vacas a las cuales se les sincronizo el celo utilizando el protocolo descrito en el experimento 1. Posteriormente, las vacas se asignaron al azar a tres grupos: Grupo OX (n=20), se trató diariamente con 20 UI de oxitocina IM; Grupo OX?P4 (n=14), se trató diariamente con 20 UI de oxitocina IM y se suplementó con progesterona del día 5 al 24 después de la inseminación, reinsertando el mismo CIDR-B que se utilizo en la sincronización. Grupo Testigo (TSTG) (n=14), se le administró diariamente 1 ml de solución salina fisiológica IM. Todos los animales fueron inseminados 12 horas después de detectado el celo. El diagnóstico de gestación se realizó a 24, 27, 35, 45 y 60 días post-IA mediante ultrasonografía de onda corta.

Figura 2. Tratamiento que recibió cada grupo de animales y días post-inseminación en los que se realizó el diagnóstico de gestación. Vacas del grupo OX (n=20), tratadas con oxitocina; vacas del grupo OX-P4 (n=14), tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona; y vacas del grupo TSTG (n=14), tratadas con solución salina.



Experimento 3. Porcentaje de gestación y servicios por concepción en vacas tratadas con oxitocina.

Se realizó un análisis retrospectivo en la misma explotación bovina con vacas F1 (Holstein x Cebú) tratadas diariamente con oxitocina (OX, n=148) y vacas F1 (Holstein x Cebú) que no son tratadas con oxitocina (TSTG, n=91). Los parámetros analizados son: Porcentaje de gestación y servicios por concepción.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de concentración sérica de progesterona, se procesaron utilizando el Análisis de Varianza con mediciones repetidas; se determinó el error estándar de la diferencia para establecer las diferencias en la concentración sérica de progesterona entre tratamientos dentro de cada día.

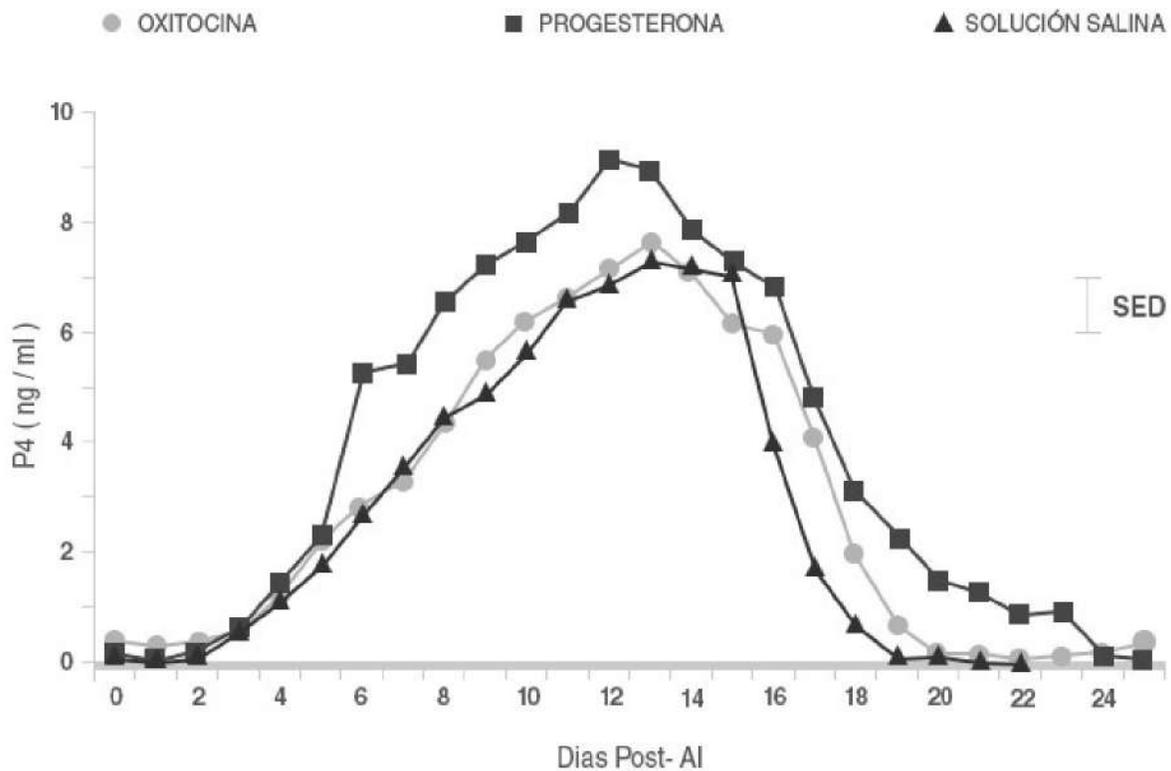
Los datos de el total de progesterona de los días en que esta fue mayor a 1 ng/ml, duración del ciclo estral, días del ciclo estral con concentración sérica de progesterona mayor a 1 ng/ml y servicios por concepción, se procesaron utilizando el Análisis de Varianza. Los datos de porcentaje de gestación se procesaron mediante la prueba χ^2 cuadrada.

RESULTADOS

Experimento 1. Concentración sérica de progesterona en vacas tratadas con oxitocina y vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona.

En la figura 3 se presentan los resultados de la concentración sérica de progesterona durante el ciclo estral en vacas tratadas con oxitocina (OX), vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona (OX-P4) y vacas testigo (TSTG). El error estándar de la diferencia fue de ± 0.678 ng/ml.

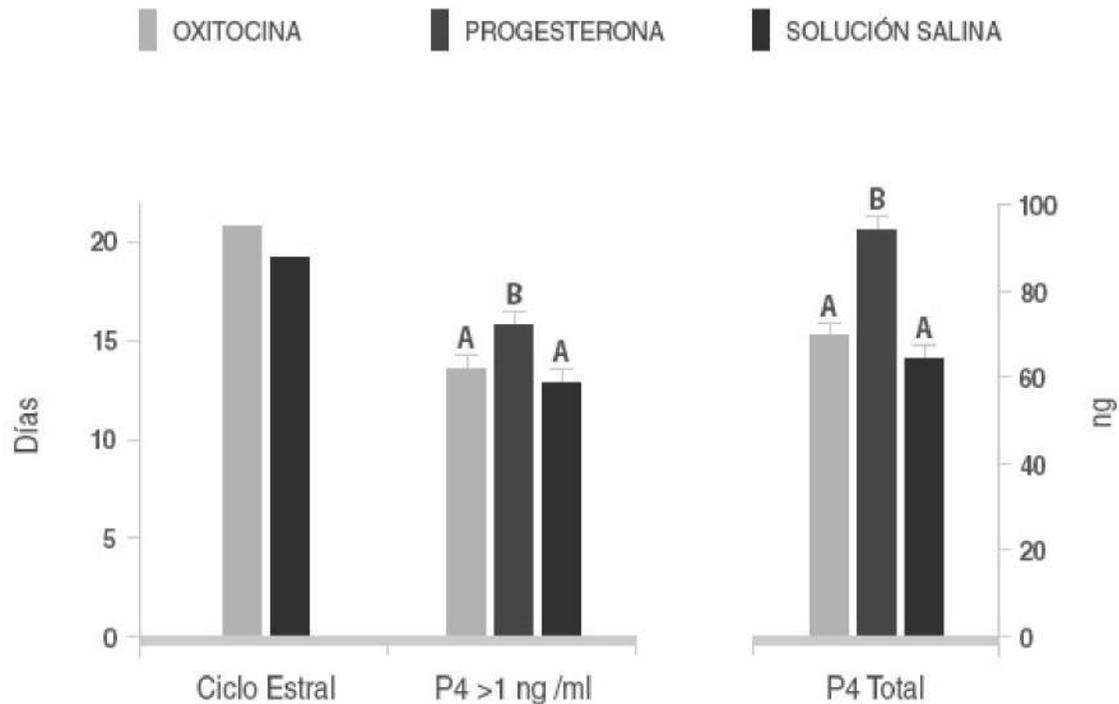
Figura 3. Concentración sérica de progesterona en un ciclo estral, en vacas del grupo OX (n=14), tratadas con oxitocina; vacas del grupo OX-P4 (n=10), tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona; y vacas del grupo TSTG (n=13), tratadas con solución salina. El Error Standard de la diferencia fue de ± 0.678 ng/ml. La concentración sérica de progesterona en los días 16 al 18, fue mayor ($P<0.05$) para OX, respecto del TSTG. En los días 6 al 13 y 16 al 20, la concentración sérica de progesterona fue mayor ($P<0.05$) para OX-P4, respecto al TSTG. En los días 6 al 13, 19 y 20, la concentración sérica de progesterona fue mayor ($P<0.05$) en OX-P4 respecto a OX.



En los días 16 al 18 del ciclo estral, la concentración sérica de progesterona, fue mayor ($P<0.05$) para OX, respecto del TSTG. En los días 6 al 13 y 16 al 20 del ciclo estral, la concentración sérica de progesterona fue mayor ($P<0.05$) para OX-P4, respecto al TSTG. En los días 6 al 13, 19 y 20 del ciclo estral, la concentración sérica de progesterona fue mayor en OX-P4, respecto al grupo OX.

En la figura 4 se presentan los resultados de la duración del ciclo estral en vacas del grupo OX, tratadas con oxitocina y vacas del grupo TSTG, tratadas con solución salina.

Figura 4. Duración del ciclo estral en vacas del grupo OX (n=6), tratadas con oxitocina y vacas del grupo TSTG (n=9), tratadas con solución salina. Días del ciclo estral con concertación sérica de progesterona mayor a 1 ng/ml y el total de progesterona de los días en que esta fue mayor a 1 ng/ml en vacas del grupo OX (n=14), vacas del grupo OX-P4 (n=10) tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona y vacas del grupo TSTG (n=13). Distinta literal indica diferencia (P<0.05) entre tratamientos.



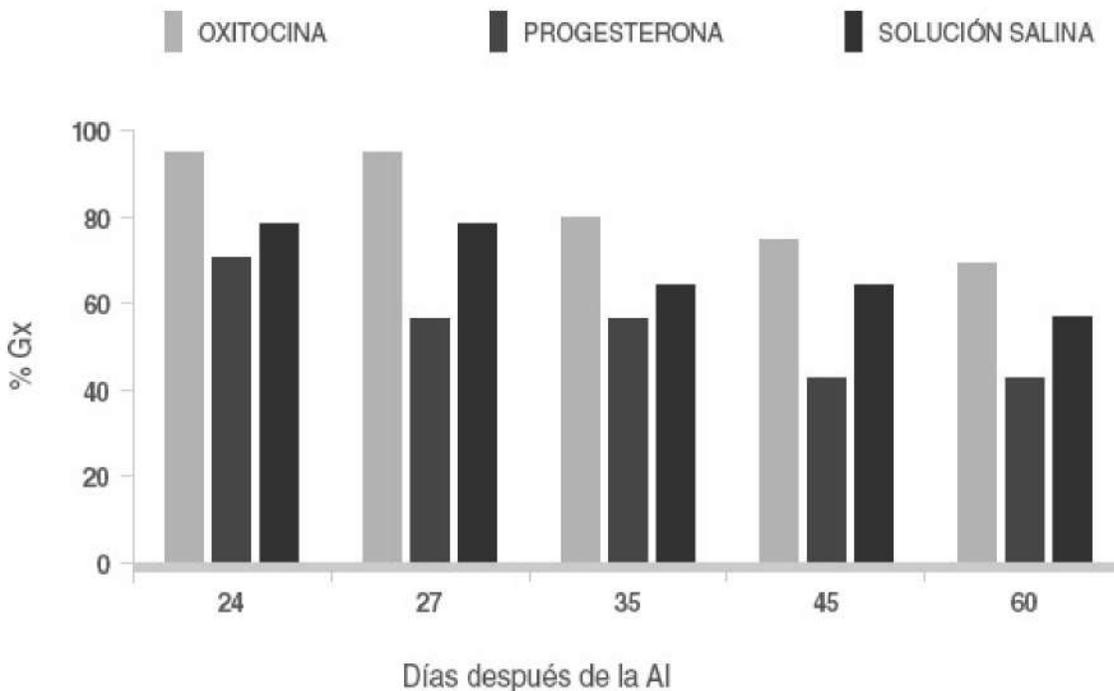
Días del ciclo estral con concertación sérica de progesterona mayor a 1 ng/ml y el total de progesterona de los días en que esta fue mayor a 1 ng/ml en vacas del grupo OX, tratadas con oxitocina, vacas del grupo OX-P4, tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona, y vacas del grupo TSTG, tratadas con solución salina.

No se encontró diferencia (P>0.05) entre tratamientos, respecto a la duración del ciclo estral. En cuanto a los días del ciclo estral con concertación sérica de progesterona mayor a 1 ng/ml y el total de progesterona de los días en que esta fue mayor a 1 ng/ml, OX-P4 fue mayor (P<0.05), respecto a OX y TSTG, sin que existiera diferencia (P>0.05) al comparar OX con el TSTG.

Experimento 2. Porcentajes de gestación en vacas tratadas con oxitocina y vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona.

En la figura 5 se presentan los resultados de los porcentajes de gestación en los días 24, 27, 35, 45 y 60 después de la IA, en vacas tratadas con oxitocina (OX), vacas tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona (OX-P4), y vacas testigo (TSTG).

Figura 5. Porcentajes de gestación en los días 24, 27, 35, 45 y 60 después de la IA, en vacas del grupo OX (n=20), tratadas con oxitocina; vacas del grupo OX-P4 (n=14), tratadas con oxitocina y suplementadas con progesterona; y vacas del grupo TSTG (n=14), tratadas con solución salina. No se encontró diferencia ($P>0.05$) en los porcentajes de gestación, entre tratamientos.



No se encontró diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos.

Experimento 3. Porcentaje de testación y servicios por concepción en vacas tratadas con oxitocina.

Al comparar el grupo tratado con oxitocina (OX) y el grupo testigo (TSTG) no se encontró diferencia ($P>0.05$) en el porcentaje de gestación ni en servicios por concepción, siendo para OX de 75 por ciento y 1.72 servicios por concepción, respectivamente y para TSTG de 74 por ciento y 1.85 servicios por concepción, respectivamente.

DISCUSIÓN

En este estudio se analizó el efecto de la administración diaria de oxitocina, sobre la concentración sérica de progesterona durante el ciclo estral en vacas F1 encontrándose que la administración diaria de oxitocina, aumenta la concentración sérica de progesterona los días 16 al 18 del ciclo estral.

Antes del día 16 del ciclo estral, la concentración sérica de progesterona no difiere entre el grupo tratado con oxitocina y el grupo testigo. Resultados similares se reportan en un estudio realizado con animales F1 (*Bos taurus* x *Bos indicus*), bajo condiciones de pastoreo y administrando 20 UI de oxitocina, en donde Luna *et al.* (2007) encontró que no existe diferencia en cuanto a la concentración sérica de progesterona entre vaquillas tratadas con oxitocina y vaquillas testigo en la fase lútea temprana. En el ciclo estral, la acción luteolítica de la oxitocina mediada por $PGF_{2\alpha}$ depende de la presencia de receptores a oxitocina en el endometrio (Kieborz *et al.*, 1991; Niswender *et al.*, 2000) y estos son regulados por los esteroides gonadales; de hecho, la densidad de

receptores varía según la etapa (Kieborz *et al.*, 1991), particularmente en el diestro temprano, las concentraciones de estos receptores son casi indetectables, (Gonzalez *et al.*, 2003). Robinson *et al.* (2001) encontró que después del estro, las concentraciones del mRNA del receptor de la oxitocina disminuyen hasta volverse imperceptibles del día 6 al 15 del ciclo estral, aunado a esto Acosta *et al.* (2002) encontraron que durante la primera mitad del ciclo estral el cuerpo lúteo es resistente a la acción de la PGF₂, lo que sugiere que al no haber receptores a oxitocina en el útero, la oxitocina exógena no puede estimular la secreción de PGF₂ y de hacerlo, el cuerpo lúteo aun no responde a la acción luteolítica de esta, por lo que la función del cuerpo lúteo no se ve afectada y los niveles de progesterona no difieren del grupo tratado con oxitocina respecto del testigo hasta el día 16 del ciclo estral.

A mediados del diestro, aumentan el número de receptores endometriales para oxitocina (Flint *et al.*, 1994; Niswender *et al.*, 2000). Robinson *et al.* (2001) encontraron que el día 16 se percibe en el útero el mRNA del receptor de la oxitocina y que su concentración aumenta hasta alcanzar su máximo el día 21 del ciclo estral. Los receptores a oxitocina al ser activados por la hormona correspondiente, estimulan la secreción uterina de PGF₂ con la consecuente lisis del cuerpo lúteo que se ve reflejada en la disminución en los niveles séricos de progesterona (Robinson *et al.*, 2001). Estos antecedentes sugieren que la administración de oxitocina una vez que el útero cuenta con receptores para oxitocina, desencadenaría el proceso de luteólisis con la consecuente disminución de los niveles séricos de progesterona, sin embargo en nuestro estudio se dio un aumento en la concentración sérica de progesterona en vacas del grupo tratado con oxitocina, respecto al testigo, en los días 16 al 18 del ciclo estral, observándose, solamente en el grupo testigo, la lisis del cuerpo lúteo, manifestada por la disminución en las concentraciones séricas de progesterona los días 16 al 18 respecto al grupo tratado con oxitocina.

McCracken *et al.* (1999) y Robinson *et al.*, (2001). Reportan que el día 15 del ciclo estral se desencadena el proceso de luteólisis lo que coincide con el comportamiento del grupo testigo que tiene una caída de los niveles de progesterona a partir del día 16 del ciclo estral, sin embargo, aunque se esperaba que en ese momento la caída del grupo tratado con oxitocina fuera aun mas drástica que la del grupo testigo, esto no sucedió y la concentración sérica de progesterona en el grupo tratado con oxitocina fue mayor de los días 16 al 18 del ciclo estral. Resultados similares reporto Tallam *et al.*, (2000 b) quienes administraron oxitocina de manera continua del día 14 al 26 del ciclo estral, observando un retraso en la regresión lútea y un aumento en la duración del ciclo estral. Gilbert *et al.*, (1989) reportan también un retraso en la luteólisis al administrar continuamente oxitocina, durante la segunda mitad del ciclo estral, debido, probablemente, a que la oxitocina satura los receptores para oxitocina retrasando el proceso de luteólisis y el cuerpo lúteo mantiene la producción de progesterona. Al igual que Luna *et al.*, (2007), en el presente estudio no se vio afectada la duración del ciclo estral, sin embargo, si se observa que los últimos días del diestro, la concentración sérica de progesterona es mayor con respecto al grupo testigo, tal vez, porque al administrar oxitocina diariamente, se saturan los receptores y el proceso de luteólisis se da de manera gradual.

La resistencia del cuerpo lúteo a la acción diaria de oxitocina se reflejó en los porcentajes de gestación de las vacas del grupo tratado con oxitocina, que no difirieron del grupo testigo. Coincidente con nuestros resultados, Nostrand *et al.*, (1991) reporta que no existe diferencia en porcentajes de gestación en vacas tratadas con oxitocina. Sin embargo, hay reportes que contradicen los resultados obtenidos en el presente estudio, como los de Lemaster *et al.*, (1999) quien sostiene que la administración de oxitocina (100 UI cada 8h, los días 5 a 8 post inseminación) disminuye la supervivencia embrionaria (de 80% en el grupo testigo, a 33.3% en el grupo tratado con oxitocina), al estimular la secreción de PGF₂, siendo la posible causa de estos resultados, la utilización de dosis elevadas de oxitocina. Resultados similares reportan Yildiz y Erisir (2005) quienes dicen que la administración de oxitocina (100 IU, del día 4 al 7 post inseminación) resultó en porcentajes de gestación de 62.5% en el grupo tratado con oxitocina, comparado con 87.5% del grupo control.

El presente estudio evaluó los porcentajes de gestación en animales F1 mantenidas bajo condiciones de trópico, lo cual podría explicar las diferencias encontradas al compararse con trabajos realizados en vacas lecheras, pues en la gestación influyen variables diversas según el tipo de explotación al que son sometidos los animales.

Buscando mejorar los porcentajes de gestación, se evaluó la suplementación de progesterona del día 5 al 24 post inseminación ya que se ha reportado que altas concentraciones de progesterona entre los días 14 - 17 del ciclo estral, favorecen el desarrollo embrionario temprano y por lo tanto el reconocimiento materno de la gestación (Mann y Lamming, 1999). Resultados similares los de Robinson *et al.*, (1989) quienes encontraron que la suplementación con progesterona (del día 10 al 17 post inseminación), incrementa el porcentaje de gestación, sin embargo, los resultados obtenidos en el presente trabajo difieren de los anteriores ya que la suplementación de progesterona no mejoro los porcentajes de gestación. Similar a los resultados del presente estudio, Cleeff *et al.*, (1991) reporto que el porcentaje de concepción en animales suplementados con progesterona del día 7 al 13 pos inseminación, no mejoro en comparación con el grupo testigo, Pero en la literatura los resultados obtenidos son diversos, a favor e incluso en contra de la suplementación de progesterona, Cleeff *et al.* (1996) reporto que la administración de progesterona del día 1 al 9 post inseminación disminuye el porcentaje de gestación a primer servicio de 46.5% a 18.2% en vacas lecheras. Hasta el momento no hay evidencia suficiente para justificar el uso de progesterona para mejorar los porcentajes de gestación.

Los resultados obtenidos en el presente estudio nos permiten concluir que la administración diaria de 20 unidades internacionales de oxitocina para estimular el bajado de la leche en vacas F1 (Ho x Ce) no disminuye la concentración sérica de progesterona y no repercute en los porcentajes de gestación; y la suplementación con progesterona del día 5 al 24 post inseminación, no mejora los porcentajes de gestación.

REFERENCIAS

- Acosta T, Yoshizawa N, Ohtani M, Miyamoto A. Local changes in blood flow within the early and midcycle corpus luteum after prostaglandin F₂? injection in the cow¹. *Biology of Reproduction*. 2002. 66:651?658.
- Ballou LU, Bleck JL, Bleck GT, Bremen RD. The effects of daily oxytocin injections before and after milk production, milk plasmin, and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 1993. 76:1544-1549.
- Bruckmaier RM, Blum JW. Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 81:939?949.
- Cleeff JV, Drost M, Thatcherl WW. Efects of postinsemination progesterone supplementation on fertility and subsequent estrous responses of dairy heifers. *Theriogenology*. 1991. 36:795?807.
- Cleeff JV, Macmillan KL, Drost M, Lucylb MC, Thatcher WW. Effects of administering progesterone at selected intervals after insemination of synchronized heifers on pregnancy rates and resynchronization of returns to service. *Theriogenology*. 1996. 46:1117?l 130.
- Flint PF, Lamming GE, Stewart HJ, Abayasekara RE. The role of the endometrial oxytocin receptor in determining the length of the sterile oestrous cycle and ensuring maintenance of luteal function in early pregnancy in ruminants. *Philosophical Transaction*. 1994. Royal Society. Lond B. 344: 291?304.
- Gilbert CL, Lamming GE, Parkinson TJ, Flint AP, Wathes DC. Oxytocin infusion from day 10 after oestrus extends the luteal phase in non-pregnant cattle. *Journal Reproduction* 1989. 86:203?210.

- González PE, Espinosa MM, Villa GA. Fisiología de la oxitocina en bovinos. Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2003 junio; Villahermosa (Tabasco) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Bovinos, Ac, 2003.
- Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. Mechanisms Controlling the Function and Life Span of the Corpus Luteum. *Physiological Reviews*. 2000. 80:1729.
- Knight CH. Short-term oxytocin treatment increases bovine milk yield by enhancing milk removal without any direct action on mammary metabolism. *Journal of Endocrinology*. 1994. 142:471-473.
- Kotwica J, Skarzynski D, Miszkiel G, Mellin P, Okuda K. Oxytocin modulates the pulsatile secretion of prostaglandin F₂α in initiated luteolysis in cattle. *Veterinary Science*. 1999. 66:175.
- Larson SF, Butler WR, Currier WB. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *Dairy Science*. 1996. 80:1288-1295.
- Larson SF, Butler WR, Currie WB. Pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Animal Reproduction Science*. 2007. 102:172-179.
- Lemaster JW, Seals RC, Hopkins FM, Schrick FN. Effects of administration of oxytocin on embryonic survival in progesterone supplemented cattle. *Elsevier Science*. 1999. 57:259-268.
- Luna PC, Ramírez GJ, Rodríguez AF, Gutiérrez AJ. Duración del ciclo estral y dinámica ovárica en vaquillas de doble propósito tratadas con oxitocina en el trópico. *Universidad y Ciencia*. 2007. 23:75-79.
- Mann GE, Lamming GE. The Influence of Progesterone During Early Pregnancy in Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 1999. 34:269-274.
- McCracken JA., Custer EE., Lamsa JC. Luteolysis: A Neuroendocrine-Mediated Event. *Physiological Reviews*. 1999. 79:263-273.
- Meza MA, Basurto CH, Gutiérrez AC. Efecto de diferentes dosis de oxitocina sobre la vida y funcionalidad del cuerpo lúteo en vacas F1. Memorias de XXX Congreso Nacional de Buiatría; 2006 Agosto: Acapulco (Guerrero) México. Mexico (DF): Asociación de Medicos Veterinarios especialistas en Bovinos, Ac, 2006.
- Nostrand SD, Galton DM, Ekb HN, Bauman DE. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*. 74:2119-2127.
- Roberts RM, Bazer FW. The functions of uterine secretions. *Journal Reproduction and Fertility*. 1988. 82:875-892.
- Robinson RS, Mann GE, Lamming GE, Wathes DC. Expression of oxytocin, oestrogen and progesterone receptors in uterine biopsy samples throughout the oestrous cycle and early pregnancy in cows. 2001. 122:965-979 .
- Robinson NA, Leslie KE, Walton JS. Effect of treatment with progesterone on pregnancy rate and plasma concentrations of progesterone in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 72:202-207.
- Shirasuna K, Asaoka H, Acosta T, Wijayagunawardane M, OTAN M, Hayashi K, Matsui M, Miyamoto A. Real-time dynamics of prostaglandin F₂ release from uterus and corpus luteum during spontaneous luteolysis in the cow. *Reproduction*. 128:189-195.
- Kieborz KR, Silvia WJ, Edgerton LA. Changes in uterine secretion of prostaglandin F₂ and luteal secretion of progesterone in response to oxytocin during the porcine estrous cycle. *Biolog of Reproduction*. 1991. 45:950-954.
- Tallam SK, Walton JS, Jonson WH. Effects of oxytocin on follicular development and duration of the estrous cycle in heifers. 2000. 53:951-962.

Villa GA, González PA, Ruiz DR. Oxitocina y somatotropina como método para incrementar la producción en ganado de trópico. Memorias de XXVII Congreso Nacional de Buiatria; 2003 junio: Villahermosa (Tabasco) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios especialistas en Bovinos, Ac, 2003.

Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria - SIPA - La producción con sustentabilidad

Sergio Giovanni Espinosa Villafuerte

José Alexandre Agiova da Costa*

*co-autor, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil.

Introducción

Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPA) son estrategias de producción sustentables que integran actividades agrícolas, ganaderas y forestales, realizadas en la misma área, ya sea en cultivos consorciados, de sucesión o rotación, buscando efectos sinérgicos entre los componentes del agroecosistema, contemplando la adecuación ambiental, la valorización del hombre del campo y la viabilidad económica (Balbino *et al.*, 2011).

Las intervenciones agronómicas y zootécnicas en el rancho, realizadas a través de los SIPA, deben considerar las condiciones edafoclimáticas de la región. Por lo tanto, se debe realizar un diagnóstico (Kichel *et al.*, 2011) para levantar las condiciones fisicoquímicas del suelo, la topografía, la distribución pluviométrica, la variación estacional de temperatura, la infraestructura del rancho (máquinas, equipos, cercas, construcciones rurales y de la región (carreteras, ferrocarriles, silos y almacenes). En la planificación de la implantación de los sistemas integrados, se debe considerar el manejo de cultivos y del suelo, que favorezcan el almacenamiento de carbono, presupuesto esencial de la actividad agropecuaria sostenible.

Los sistemas de integración pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

1. Integración Cultivo-Ganadera (ICG): integra el componente agrícola y ganadero en rotación, consorcio o sucesión, en la misma área, en períodos de uso secuencial o intercalados.
2. Integración Ganadera-Forestal (IGF) o Silvopastoril: integra el componente ganadero (pastoreo y animal) y forestal, en consorcio. Sistema más enfocado para áreas con restricción de implantación de cultivos, incluyendo sólo los componentes forestales y pecuarios en la misma área.
3. Integración Cultivo-Forestal (ICF): integra el componente forestal y agrícola por el consorcio de especies arbóreas con cultivos agrícolas anuales o perennes. Los cultivos agrícolas proporcionan retornos económicos antes de la cosecha de los árboles, anticipando los ingresos.
4. Integración Cultivo-Ganadera-Forestal (ICGF): integra los componentes agrícola y ganadero en rotación, consorcio o sucesión, entre los rendimientos del componente forestal, todos en la misma área. Ejemplo

de ICG que se encuentra en la Región Frailesca, en el estado de Chiapas (Figura 1).

FIGURA 1. Sistema ICG Sorgo + Guandú (*Cajanus cajan*) para ensilado y pastoreo directo.
Foto: Sergio C. Espinosa Villafuerte.



El tiempo de utilización de los cultivos, ganadería o forestal, tiene gran impacto en el agroecosistema y en la viabilidad de las inversiones realizadas, consiguiendo utilizar la ganadería por períodos cortos, de tres a cinco meses en pasto formado en la segunda siembra (maíz, soya, sorgo). El componente forestal es utilizado por períodos de seis, doce o más años, dependiendo del destino de la madera, siendo los períodos más cortos para fines de producción de papel o energía (carbón, leña) y los más largos para madera aserrada o fabricación de muebles.

En cuanto a la mejor forma para iniciar un sistema de ILP, Salton *et al.* (2013) proponen el uso del Sistema São Mateus, que se inicia por la recuperación del pasto degradado, a través de la preparación adecuada y recuperación química del suelo. El pasto promueve la mejora de la estructura física y biológica del suelo a través de la actividad de raíces, así como protege de la erosión porque cubre la superficie con vegetación, disminuyendo el escurrimiento superficial del agua de lluvia y las pérdidas por erosión. El uso del pasto también aumenta la infiltración del agua de las lluvias y con la desecación por herbicida se produce paja, elemento esencial para la siembra directa de los cultivos.

En los casos en que la concepción, los tipos y la forma de implantación de los SIPA, vamos a describir sobre los tres efectos principales de la adopción de los mismos: la obtención de Dos Ranchos en Uno, el efecto Ahorra-Tierra y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.

Dos Ranchos en Uno

Cuando se usan los SIPA en pastos de baja productividad, se recupera esta mediante la inclusión de la producción animal y uno de los otros componentes. Como esta intensificación ocurre en la misma área se

tiene por lo menos una nueva fuente de ingresos resultante de la actividad introducida. En otras palabras, si se aprovecha en el componente animal (carne o leche), se incluye en la misma área, el componente vegetal (cultivo de soya, maíz, sorgo) para la producción de granos o para forraje y su conservación. Con esto existe el incremento en los ingresos, mismo que hace que las inversiones se diluyan, por el hecho de intensificar el sistema. La introducción de un prototipo de SIPA, sistema integrado cultivo-ganadero (ICG) muestra la producción de carne y de granos, que se puede obtener en el rancho. Los módulos permanecieron con pasto o pasto sucedidos de cultivos y cultivos de segunda siembra, según esquema de la Figura 2.

Siendo así, en la primavera-verano el cultivo de soya ocupó 50% del área y los otros 50% con pasto; en el otoño 75% del área fue ocupada con pasto, en lo inicio de la época seca, y el cultivo se ha reducido al 25% (maíz segunda siembra consorciado con pasto); en el período seco (invierno) 100% del área permaneció con pastoreo, la época del año de menor oferta de forraje.

FIGURA 2. Tiempo de uso (meses) para el engorda de novillos, rotación de cultivos y pastos de un prototipo ICG. Adaptado de Kichel et al. (2011).

AÑO	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	PASTAGEM DEGRADADA
1	Pasto 10 m. (piatã)	Pasto 10 m. (piatã)	Pasto 7 m. (piatã) Soya 3 m.	Pasto 7 m. (piatã) Soya 3 m.	Pasto 12 m. (<i>B. decumbens</i>)
2	Pasto 9 m. (piatã) / soya 3 m.	Pasto 9 m. (piatã) / soya 3 m.	Soya 2 m. / Pasto (Mombaça) 10 m.	Soya 2 m. / Maíz + Pasto (Mombaça) 5 m. / Pasto (piatã) 5 m.	Pasto 12 m. (<i>B. decumbens</i>)
3	Soya 2 m. / Pasto (piatã) 10 m.	Soya 2 m. / Maíz + Pasto (Mombaça) 5 m. / Pasto (piatã) 5 m.	Pasto 12 m. (Mombaça)	Pasto 12 m. (Mombaça)	Pasto 12 m. (<i>B. decumbens</i>)
4	Pasto 10 m. (piatã)	Pasto 10 m. (piatã)	Pasto 10 m. (Mombaça)	Pasto 10 m. (Mombaça)	Pasto 12 m. (<i>B. decumbens</i>)

Para la evaluación económica de este prototipo se consideraron los costos de producción y los ingresos del sistema, siendo utilizados los valores de mercado en los años 2009 y 2010. Las estimaciones económico-financieras del sistema ICG están en la Tabla 1.

TABLA 1. Resultados obtenidos en un sistema de ICG en comparación con el pastoreo de referencia (pasto B. decumbens degradado). Campo Grande/MS, Brasil.

ACTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD	COSTOS	INGRESOS BRUTOS	INGRESOS NETOS
	ha / año	U\$ / ha / año		
SOYA	58.0 Bultos	358.21	605.97	247.76
MAÍZ SEGUNDA SIEMBRA	37.7 Bultos	170.15	176.72	6.57
PASTO EN ICG	942 kg Peso Vivo	406.27	843.58	437.31
TOTAL		934.63	1,626.27	691.64
PASTO DEGRADADO	120 kg Peso Vivo	83.58	107.46	23.88
TOTAL		83.58	107.46	23.88
DIFERENCIA		851.05	1,518.81	667.76

Adaptado de Kichel et al. (2011). 1 dólar = 3,35 Reales

La diferencia en los ingresos netos fue muy expresiva, siendo 29 veces mayor en el sistema integrado comparado al tradicional. De ahí surge una gran ventaja de los sistemas integrados como; la producción del sistema es mayor, aumenta la eficiencia del uso de la tierra (productividad), aumenta los ingresos, la eficiencia de uso de maquinaria y de mano de obra. El productor rural pasa a tener Dos Ranchos en Uno.

Ahorra-tierra

El efecto Ahorra-Tierra en sistemas de integración agropecuaria implantados en pastos degradados con baja carga animal (0.4 cabeza/ha), considerando la variación de la relación cultivo/pasto 30 a 70% dentro del sistema, se puede ahorrar de 1.9 hectáreas (30% de pasto y carga animal de 2 UA/ha) a 8.4 hectáreas (70% de pasto y carga animal de 5 UA/ha) para cada hectárea renovada. El efecto ahorra-tierra resultante de las ganancias de productividad de ICG, en particular en el componente ganadero, se considera un factor clave en la expansión de la producción de alimentos y biocombustibles con mínima presión sobre los bosques nativos (Martha Junior *et al.*, 2009).

El estudio de ganancias en la ganadería de 30 años (Martha Junior *et al.*, 2011), muestran que la productividad aumentó un 79%, creciendo a una tasa del 6,6% al año. En ese mismo período la expansión del área de pasturas fue inferior a un 21%, lo que posibilitó el efecto ahorra-tierra de 525 millones de hectáreas, es decir, sin este aumento de la productividad se necesitaría un área superior a la Amazonía para obtener la misma producción de carne.

Mitigación de Gases Efecto Invernadero

En los sistemas en que el componente arbóreo participa del sistema integrado, la mitigación es facilitada por el gran acumulo de carbono en los troncos. Al retirar CO₂ de la atmosfera en su crecimiento, los árboles generan un balance positivo para el sistema integrado, posibilitando la neutralización de los GEI liberados por

los demás componentes, particularmente metano entérico emitido por los rumiantes en pastoreo.

En un estudio de caso de un experimento de larga duración (2008-2020) fueron introducidos sistemas de ICGF, formado con 227 y 357 árboles de *Eucalyptus*/ha, en ciclo de 12 años del componente arbóreo, con esquema de rotación de un año con cultivo (soya) seguido de tres años con pasto para recría de bovinos de carne.

En el sistema con 357 árboles/ha⁻¹, el potencial de neutralización pasó, de 12.8 UA/ha⁻¹ a los 5 años para 17.5 UA/ha⁻¹ a los 8 años (Ferreira *et al.*, 2012, Ferreira *et al.*, 2015). En el sistema con 227 árboles/ha⁻¹, se obtuvo un promedio de emisión de 66 kg CH₄/cab⁻¹/año (hembras raza Nelore con peso vivo medio de 471 ± 8 kg), con un total de 3.3 animales/ha⁻¹ (3.45 UA/ha⁻¹) (Gomes *et al.*, 2015). Puede constatar que el potencial de mitigación es de 10.8 UA/ha⁻¹.año, pero el sistema comportó 3.45 UA/ha⁻¹ (producción de forraje) solamente, mostrando que los sistemas integrados de ICGF tienen un gran potencial de mitigación de GEI, además de la alta producción de carne.

Consideraciones Finales

El aumento de la sostenibilidad de sistemas integrados en comparación con los sistemas convencionales de producción es evidenciado por el aumento de la productividad, del rendimiento y conservación de bosques nativos, así como, el acumulo de carbono en los sistemas integrados, que por último representa la mitigación de GEIs producidos en la actividad agropecuaria de la propia calidad de producción. ¡Con el uso de los SIPA no es necesario cortar un solo árbol para aumentar la productividad!

Referencias Bibliográficas

Balbino, L. C.; Barcellos, A. O.; Stone, L. F. **(Eds.)**. Marco referencial: integração lavoura pecuária floresta. Brasília, DF: Embrapa.132 p. Título e texto em português e inglês. Título equivalente: Reference document crop-livestock-forest integration. 2011.

Ferreira, A.D., Almeida, R.G., Araújo, A.R., Macedo, M.C.M., Bungenstab, D. J. 2015. Yield and environmental services potential of eucalyptus under ICLF systems. In: World Congress of Integrated Crop-Livestock-Forest Systems. Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa,2015. 1 p.

Ferreira, A.D., Almeida, R.G., Macedo, M.C.M., Laura, V.A., Bungenstab, D.J., Melotto, A.M. 2012. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.

Gomes, R.C., Berndt, A., Macedo, M.C.M., Almeida, R.G. 2015. Enteric methane emission of Nelore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: World Congress of Integrated Crop-Livestock-Forest Systems, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 1 p.

Kichel, A.N.; Almeida, R.G.; Costa, J.A. A. Pecuária sustentável com base na produção e manejo de forragem. In: Congresso Sobre Manejo e Nutrição de Bovinos, 10., 2011, Campo Grande, MS. **Anais....** Campo Grande, MS : CBNA, 2011. p. 40-51.

Martha Junior, G.B.; Vilela, L. **Efeito poupa-terra de sistemas de integração lavoura-pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Comunicado Técnico, 164). 4 p. 2009. Martha Junior, G.B.; Alves, E.; Contini, E. 2011. Pecuária brasileira e a economia de recursos naturais. *Perspectiva Pesquisa Agropecuária*, n. 1. 4p. Brasília: Embrapa Estudos e Capacitação, 2011.

Salton, J. C.; Kichel, A.N.; Arantes, M. *et al.* Sistema São Mateus- sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-mato-grossense. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste (Comunicado Técnico, 186). 6 p. 2013.

Cerdos en vida libre, ¿un problema ambiental?

La importancia de los cerdos para la sociedad.

Los cerdos domésticos (*Sus scrofa*), son una de las principales especies productivas a nivel mundial, gracias a la cría de estos animales se logra alimentar a millones de personas alrededor del mundo. En nuestra sociedad el cerdo es un recurso muy valioso, ya que es la alternativa de menor costo en comparación con la carne de res y pollo; adicionalmente se ha demostrado el gran valor alimenticio que tiene su carne. Por tal motivo su consumo se ha incrementado, y actualmente es de alrededor de 15 kg por año, donde más del 60% de lo que se consume es producto nacional¹. En las producciones familiares o a pequeña escala, es uno de los recursos que más contribuye con la economía debido a la nobleza de la especie, es decir, por su rápido crecimiento y alta tasa reproductiva².

Cabe recordar que los cerdos no son originarios de nuestro continente, fueron introducidos hace siglos por los colonizadores y aunque muchas veces son confundidos con el pecarí (*Pecari tajacu*) un animal nativo de nuestro continente éstos animales no comparten nada más que cierta apariencia que nos hace pensar que son la misma especie³.

Los cerdos domésticos tienen origen en los cerdos eurasiáticos y desde su llegada a América se han adaptado a las condiciones ambientales de manera increíble. Los cerdos son animales con una enorme capacidad de supervivencia, pueden consumir casi cualquier cosa e incluso carroña; son de rápido crecimiento, muy ágiles, con una gestación que dura poco menos de 4 meses, que les permite tener dos camadas al año; siendo hoy en día una de las principales especies productivas⁴. Éstas características han permitido a los cerdos prosperar en ambientes variados y en algunas ocasiones sin la ayuda del ser humano.

¿Por qué pueden ser un problema?

Hoy en día varias miradas de instituciones en materia de sanidad y ecología, así como organismos internacionales han volteado a nuestro país al darse cuenta de la existencia de varias poblaciones de cerdos que viven de manera silvestre, llamados cerdos ferales o asilvestrados, en varios puntos del país. Éstos animales, han sido reportados desde sitios desérticos (Noreste de México), hasta en lugares húmedos (Sureste), es decir, de norte a sur han sido vistos⁵. Pero ¿por qué su presencia ha llamado tanto la atención? La respuesta es simple, porque el cerdo es una de las principales especies invasoras a nivel mundial, responsable del deterioro de ecosistemas importantes, todo esto debido a esas mismas características que lo hacen una excelente especie de producción^{3,6}. Además, porque actúa como ?reservorio? de diferentes patógenos que podrían poner en riesgo la salud pública⁷.

Diversas investigaciones han demostrado que los cerdos en vida libre, son una amenaza para la diversidad, porque compiten con especies nativas por el alimento, se comportan como depredadores, y además hozan tanto el suelo que no permiten la regeneración de plantas. Existen varias experiencias a nivel mundial donde poblaciones silvestres de cerdos han provocado daños irreversibles, principalmente en ecosistemas donde

hay una gran variedad de especies endémicas ¿por ejemplo islas-, sin dejar de lado el problema que significan cuando entran en zonas agrícolas y llegan a destruir cultivos enteros^{2,8,10}. En Estados Unidos se estima un costo de alrededor de 1,500 millones de dólares debido al daño que éstos animales provocan; así como a la gran inversión en programas de control¹¹.

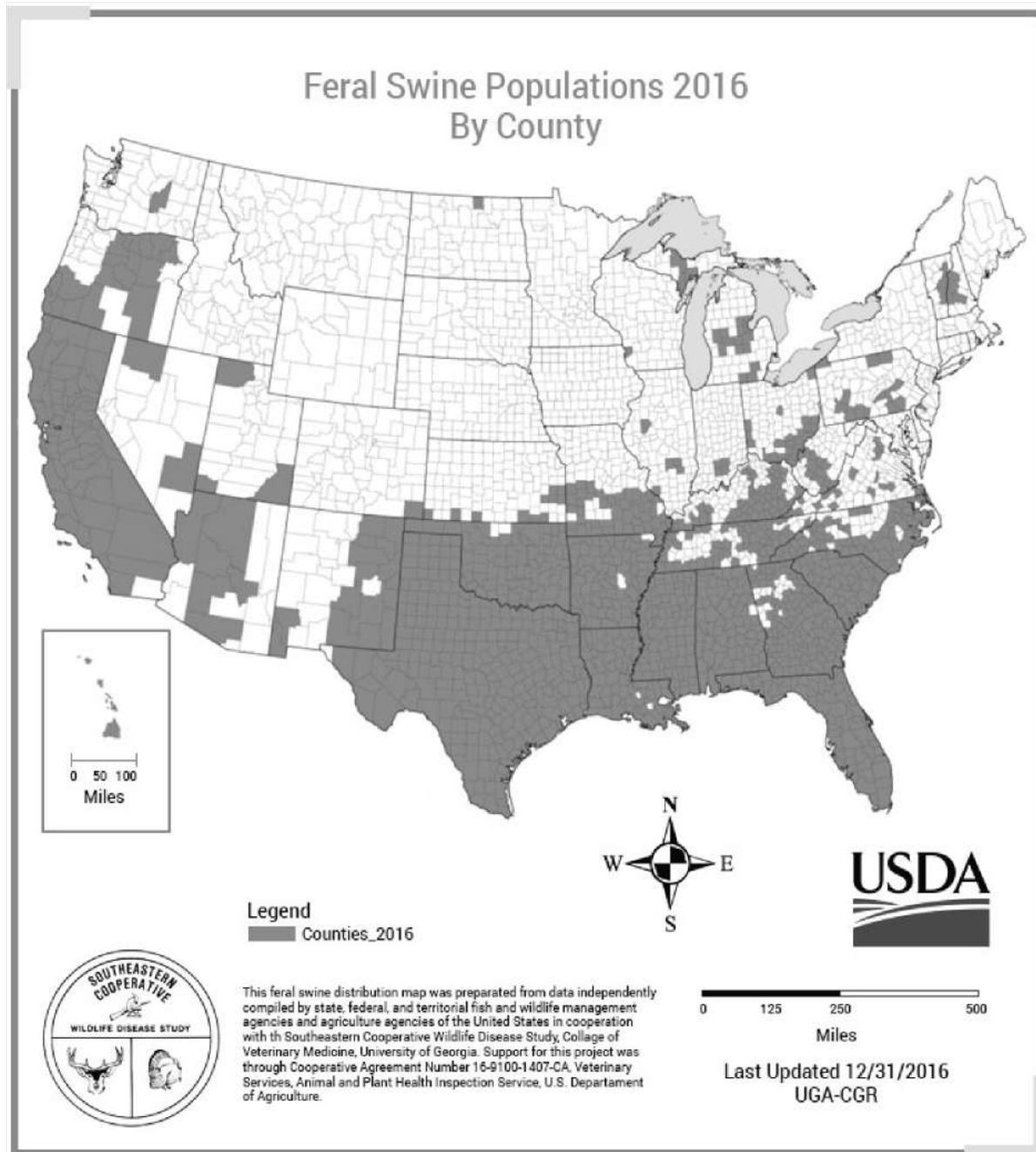


Imagen. Mapa de distribución de poblaciones de cerdos asilvestrados en EEUU. Tomado de <https://www.aphis.usda.gov/aphis/resources/pests-diseases/feral-swine/sa-fs-history>

¿Qué es un animal feral o asilvestrado? Es un animal que vive en libertad, originario o descendiente de una población doméstica.

El origen de las poblaciones ferales, no solo de cerdos sino de cualquier otra especie, se presenta principalmente por la liberación accidental o intencional de éstos animales en un ecosistema que favorece su

supervivencia¹². En las producciones extensivas es frecuente que los animales escapen o no regresen a la granja, ya que no hay un control en el pastoreo; lo cual permite que éstos animales se establezcan en vida libre; y den origen a poblaciones ferales. Muchas veces éstas poblaciones ferales pueden tornarse invasivas, es decir, afectar de sobre manera el ecosistema. Pero para que una especie, ya sea, animal o vegetal, se considere invasiva es necesario que se establezca dejando fuera o afectando a especies nativas, se reproduzca, aumente su densidad y cause daño en el entorno. Es frecuente que en los lugares donde estas especies proliferan con éxito, no existan depredadores y/o especies con las que compitan y que puedan controlar sus poblaciones de forma natural².

Las características físicas de los cerdos ferales dependen directamente de los cerdos que les dieron origen, del ambiente, y del tiempo que éstos llevan en vida libre. Generalmente se les describe como animales de talla pequeña, delgados, con una capa de pelo denso, por lo regular de color oscuro, aunque también los hay blancos. La trompa es alargada y algunos presentan apéndices que cuelgan del cuello, llamados mamellas⁵.



Imagen. Cerdos ferales de Baja California Sur.

¿Qué enfermedades pueden portar y/o transmitir?

Existen varios trabajos, la mayoría de ellos realizados en EEUU y Europa, sobre los agentes infecciosos que los cerdos asilvestrados pueden portar y en dado caso transmitir a otras especies animales, incluido el humano. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las principales enfermedades que se han detectado en poblaciones silvestres de cerdos y que representan un problema para la salud pública, ya sea porque son una zoonosis o bien pueden afectar a los animales de producción y comprometer el abasto de alimento^{13?16}.

ENFERMEDAD	IMPORTANCIA	AFECTA A GANADO	AFECTA AL HUMANO
INFLUENZA	Es una de las enfermedades de mayor distribución en la población porcina, se sabe de subtipos porcinos que pueden afectar al humano y otras especies.	SI	SI
FIEBRE PORCINA CLÁSICA	Enfermedad erradicada de nuestro país, sin embargo, se sabe que cerdos en vida silvestre pueden ser portadores de la enfermedad	*de manera experimental	NO
ENFERMEDAD DE AUJESZKY	Enfermedad que también ha sido erradicada de México. Las poblaciones silvestres de cerdos pueden ser portadores.	SI	NO
PRRS	Aunque es una enfermedad que sólo afecta a los cerdos en producciones intensivas. Su presencia en poblaciones silvestres puede favorecer su diseminación y dificultar su control.	NO	NO
BRUCELOSIS	Es una zoonosis, las personas que tiene contacto con fluidos de animales infectados o consumen carne de éstos animales sin la adecuada cocción pueden infectarse.	SI	SI
LEPTOSPIROSIS	También es una zoonosis, la principal vía de transmisión es el contacto directo con orina de animales infectados.	SI	SI
SALMONELOSIS	Se puede adquirir al consumir carne sin la adecuada cocción.	SI	SI
TRIQUINELOSIS	Es una enfermedad provocada por un nemátodo, qué también se puede adquirir al consumir carne de animales infectados	SI	SI

Situación en México

En el país existen poblaciones silvestres de cerdos dispersas en varios estados, donde algunas de ellas se han establecido dentro de reservas naturales como en el caso de Baja California Sur, Durango y Campeche. Por otra parte, hay que prestar especial atención a las UMAS (unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre), cuyo objetivo es la producción de jabalí europeo para caza cinegética y consumo. Ya que si el manejo de estos animales no es el adecuado y algunos llegaran a escapar, se puede presentar el mismo problema que en los EEUU, donde poblaciones de cerdos ferales se cruzaron con jabalíes, dando origen a poblaciones híbridas, cuyo potencial de daño al ecosistema es mayor¹¹.

Sabemos que las condiciones de nuestro país son muy distintas a las de otros países que están siendo afectados fuertemente por la invasión de cerdos ferales. En México, muchas personas hacen cacería de subsistencia de éstos animales, ya que es considerado como un recurso valioso. En un estudio realizado dentro de la Reserva de la Biósfera Sierra la Laguna, localizada en BCS se determinó que los cerdos no afectaban la flora del lugar e inclusive se demostró que ya eran parte de la cadena trófica del ecosistema, porque son presa de pumas, coyotes y zorras; y además son un recurso alimenticio para los pobladores de la zona^{5,17,18}. Lo cual demuestra que no en todos los casos los cerdos ferales son perjudiciales para los ecosistemas donde se encuentran.

Para que un programa de control o erradicación se lleve a cabo, primero se debe realizar el diagnóstico del ecosistema, para así determinar la situación particular que prevalece en el sitio. No es suficiente con los antecedentes de otros lugares, ya que las condiciones ambientales, económicas y/o culturales son diferentes. Estos diagnósticos deben ser realizados por equipos multidisciplinarios de trabajo, donde deberán considerar todos los aspectos previamente mencionados para poder tomar decisiones fundadas buscando el beneficio de la sociedad.



Métodos de control y erradicación

En nuestro país se cuenta desde 2010 con el documento *¿Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: Prevención, control y erradicación?* elaborado por expertos de la CONABIO, académicos, asociaciones civiles y dependencias gubernamentales, con el fin de tener un documento rector para hacer frente al problema que representan las especies invasoras. Es preciso decir que nuestras autoridades reconocen a los cerdos domésticos en vida libre, junto con otras 18 especies como especies exóticas invasoras presentes en México. Sin embargo, hasta la fecha no se han llevado acciones concretas para el control o erradicación de los cerdos. Sabemos de programas de erradicación de cabras, borregos y gatos asilvestrados que se han llevado a cabo en islas del Golfo de California, la naturaleza de éstos ecosistemas aislados y bien delimitados favorecen las actividades, mismo que no sucede en zonas no insulares, donde los terrenos suelen ser más diversos y amplios. Sin embargo, el trabajo que se ha hecho en la última década ha permitido erradicar cuarenta poblaciones de mamíferos en 28 islas¹⁹.

La experiencia de otros países para el control o erradicación de cerdos ferales, junto con los conocimientos adquiridos en los programas de control o erradicación ya ejecutados en nuestro país, deben sentar las bases para las acciones que se pretendan tomar frente a éstos animales. Podemos mencionar en el caso particular para el manejo de los cerdos asilvestrados, existen métodos letales y no letales, éstos dependiendo si se pretende controlar o erradicar a los cerdos. Los letales consisten en colocar trampas para la captura de los cerdos y su posterior sacrificio, cacería con armas de fuego o con perros entrenados, El uso de veneno no es muy conveniente, por no ser específico. Por otro lado, los métodos no letales, consisten en cercar las zonas donde se quiere eliminar el paso de los cerdos, uso de animales que protejan al ganado, vacunación del ganado para prevenir infecciones por parte de los cerdos¹¹. Sin embargo, como mencionamos anteriormente, antes de implementar cualquier acción, se debe tener conocimiento preciso de las particularidades de los sitios donde éstos animales se hallan, y también saber que las estrategias pueden ser diferentes dependiendo el lugar y no generales para todo el país.

Referencias bibliográficas.

1. FIRA. Panorama Agroalimentario. Carne de cerdo 2017. (2017). at 1. FIRA. Panorama Agroalimentario. Carne de cerdo 2017. (2017). at
2. Barrios-Garcia, M. N. & Ballari, S. A. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biol. Invasions* 14, 2283-2300 (2012).
3. The wildlife society. Effects of an Invasive Species?: Feral Swine. 1?2 (2017). doi:10.1111/1365-2664.12866.Massei

4. Seward, N., VerCauteren, K., Witmer, G. & Engeman, R. Feral swine impacts on agriculture and the environment. *Sheep Goat Res. J.* 19, 34?40 (2004).
5. Pérez-Rivera, M., Sanvicente López, M., Arnaud, G. & Carreón-Nápoles, R. Detection of antibodies against pathogens in feral and domestic pigs (*Sus scrofa*) at the Sierra la Laguna Biosphere Reserve, Mexico. 4, (2017).
6. Lowe S., Browne M., Boudjelas S., D. P. M. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Grupo Especialista de Especies Invasoras (2004). at
7. Hutton, T., DeLiberto, T., Owen, S. & Morrison, B. Disease risks associated with increasing feral swine numbers and distribution in the United States. (2006).
8. Ricciardi, A. Are modern biological invasions an unprecedented form of global change? *Conserv. Biol.* 21, 329?336 (2007).
9. Segalés, J. et al. Manual de diagnóstico laboratorial porcino. (Servet, 2013). at
10. Vitousek, P., D'Antonio, C., Loope, L., Rejmánek, M. & Westbrooks, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *N. Z. J. Ecol.* 21, 1?16 (1997).
11. USDA. Feral Swine-Managing an Invasive Species. (2017). at
12. Arnaud, G., Álvarez, S. & Cortés, P. in *Evaluación de la Reserva de la Biósfera Sierra la Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos.* (eds. Ortega-Rubio, A., Lagunas-Vázquez, M. & Beltrán-Morales, L. F.) 412 (Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C., 2012).
13. Wyckoff, a C., Henke, S. E., Campbell, T. a, Hewitt, D. G. & VerCauteren, K. C. Feral swine contact with domestic swine: a serologic survey and assessment of potential for disease transmission. *J. Wildl. Dis.* 45, 422?429 (2009).
14. Boadella, M. et al. Seroprevalence Evolution of Selected Pathogens in Iberian Wild Boar. *Transbound. Emerg. Dis.* 59, 395?404 (2012).
15. Ruiz-Fons, F. Riesgos sanitarios asociados a la producción cinegética del jabalí: la enfermedad de Aujeszky. (Universidad de Castilla- La Mancha, 2006). at
16. Ruiz-Fons, F., Segalés, J. & Gortázar, C. A review of viral diseases of the European wild boar: Effects of population dynamics and reservoir rôle. *Vet. J.* 176, 158?169 (2008).
17. Breceda, A., Arnaud, G., Álvarez, S., Galina, P. & Montes, J. Evaluación de la población de cerdos asilvestrados (*Sus scrofa*) y su impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna , Baja California Sur , México. *Trop. Conserv. Sci.* 2, 173?188 (2009).
18. Montes Sánchez, J. J. Determinación de aspectos corporales, reproductivos y dieta del cerdo asilvestrado (*Sus scrofa*) en la Reserva de la Biósfera Sierra la Laguna, Baja California Sur, México. (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, 2010).
19. Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras. Estrategia nacional sobre Especies Invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,

Enfoques emergentes para controlar el PRRS

El Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino (PRRS) es una enfermedad causada por el Virus PRRS (PRRSV) que afecta a los cerdos de granja ocasionándoles diversos signos clínicos que se manifiestan a nivel respiratorio y reproductivo. La enfermedad fue diagnosticada por primera vez en Estados Unidos y en Europa en los años de 1987 y 1990, respectivamente. El PRRSV es uno de los agentes etiológicos primarios involucrado en el Complejo Respiratorio Porcino que ha dejado pérdidas económicas millonarias en la porcicultura internacional.

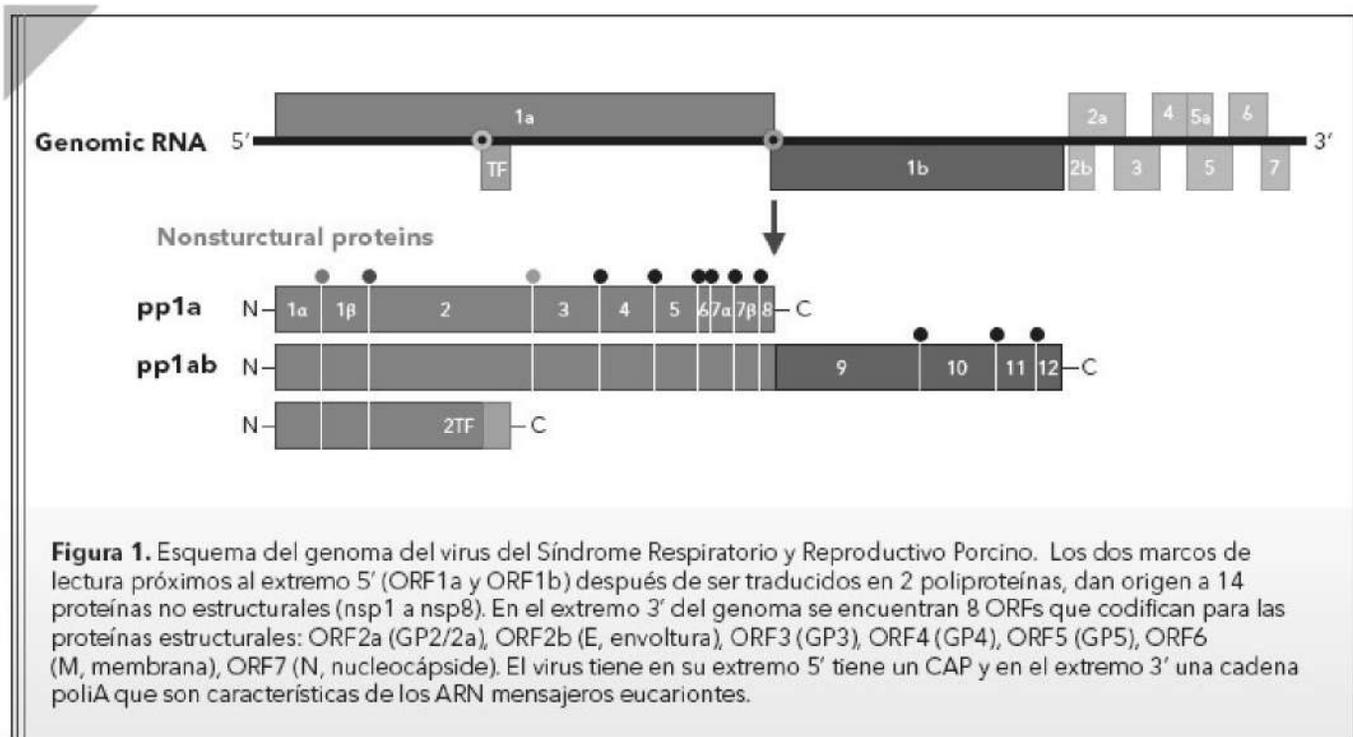
Actualmente, el PRRS se reconoce como una pandemia desreguladora del sistema inmune. En 2014, el grupo de investigación del Dr. Butler sugirió que es posible considerar un modelo para estudiar la enfermedad a nivel molecular y celular, sin embargo, para los estudios a nivel del organismo se requieren dos modelos; uno para adultos y otro para neonatos (Butler y cols., 2014).

El objetivo del presente artículo es mostrar evidencias científicas de estudios realizados sobre la desregulación del sistema inmune del cerdo ocasionado por el virus del PRRS y las estrategias terapéuticas emergentes derivadas de dichos estudios.

El PRRSV es un virus de una sola cadena de RNA de sentido positivo. Su genoma es policistrónico y está integrado por 11 marcos de lectura abiertos (ORF), de los cuales ORF1a y ORF1b codifican para poliproteínas que se auto-procesan para generar proteínas no estructurales (nsp) que incluyen al complejo replicativo del virus. En el caso de las proteínas estructurales éstas se encuentran codificadas en los marcos de lectura ORF2 a ORF7 (Figura 1). Este virus porcino pertenece al orden de los *Nidovirales* de la familia *Arteriviridae*. Existen dos genotipos o especies del PRRSV: tipo 1 (Europeo) y tipo 2 (Norteamericano) que pueden diferenciarse genética y antigénicamente; genéticamente se estima una similitud del 60% en la secuencia de aminoácidos, mientras que antigénicamente, los anticuerpos generados por cada genotipo no reconocen a los virus de la otra especie.

El virus del PRRS infecta únicamente a porcinos, sus células blanco son los macrófagos alveolares periféricos (PAM?s) y las células dendríticas. Para la infección es indispensable que el virus interactúe con el receptor CD163, el cual se encuentra presente en las células blanco y además en las líneas celulares MA104 y MARC-145.

La manifestación clínica inducida por el PRRSV es muy variable y se atribuye a la variación genética del virus, a la edad del cerdo y a las co-infecciones. El virus infecta a cerdos de todas las edades, pero la enfermedad ocurre principalmente en cerdas en gestación tardía; ocasionándoles mortalidad, abortos, incremento repentino de la muerte de los fetos y debilidad en los recién nacidos; mientras que en cerdos jóvenes y en crecimiento genera neumonía leve a moderada asociada a otros patógenos (Murtaugh y Genzow, 2011). Los sementales pueden estar infectados con el PRRSV de manera crónica y ser asintomáticos.



La respuesta inmune del organismo inicia con una respuesta innata seguida de la activación de la respuesta adquirida o de memoria. Debido a que el PRRSV infecta a células del sistema inmune innato, se desencadena una serie de eventos que los inmunólogos han denominado como "desregulación" del sistema inmune, la cual es más exacerbada en fetos y lechones. Según reportes de campo y experimentales, conforme avanza la edad, el cerdo manifiesta menos signos de la enfermedad. La razón aún no es completamente clara, pero es probable que la maduración del sistema inmune juegue un papel muy importante. El periodo comprendido desde la gestación tardía al destete en los mamíferos neonatos es una ventana crítica del desarrollo del sistema inmune (Figura 2). Dentro de los eventos que ocurren en este lapso se incluyen el desarrollo progresivo del sistema inmune adaptativo que se superpone al sistema inmune innato desarrollado durante la vida fetal. Este periodo transitorio es amortiguado por la inmunidad pasiva y los anticuerpos pre-adaptativos o "naturales" codificados por la línea germinal que proporcionan protección al reconocer una amplia variedad de epítopos ubicuos en patógenos bacterianos. Es importante señalar que las cerdas gestantes no transfieren anticuerpos ni complejos inmunes a sus descendientes durante la etapa fetal, pero el virus del PRRS sí puede cruzar la barrera e infectar a la prole (Butler y Sinkora, 2007).

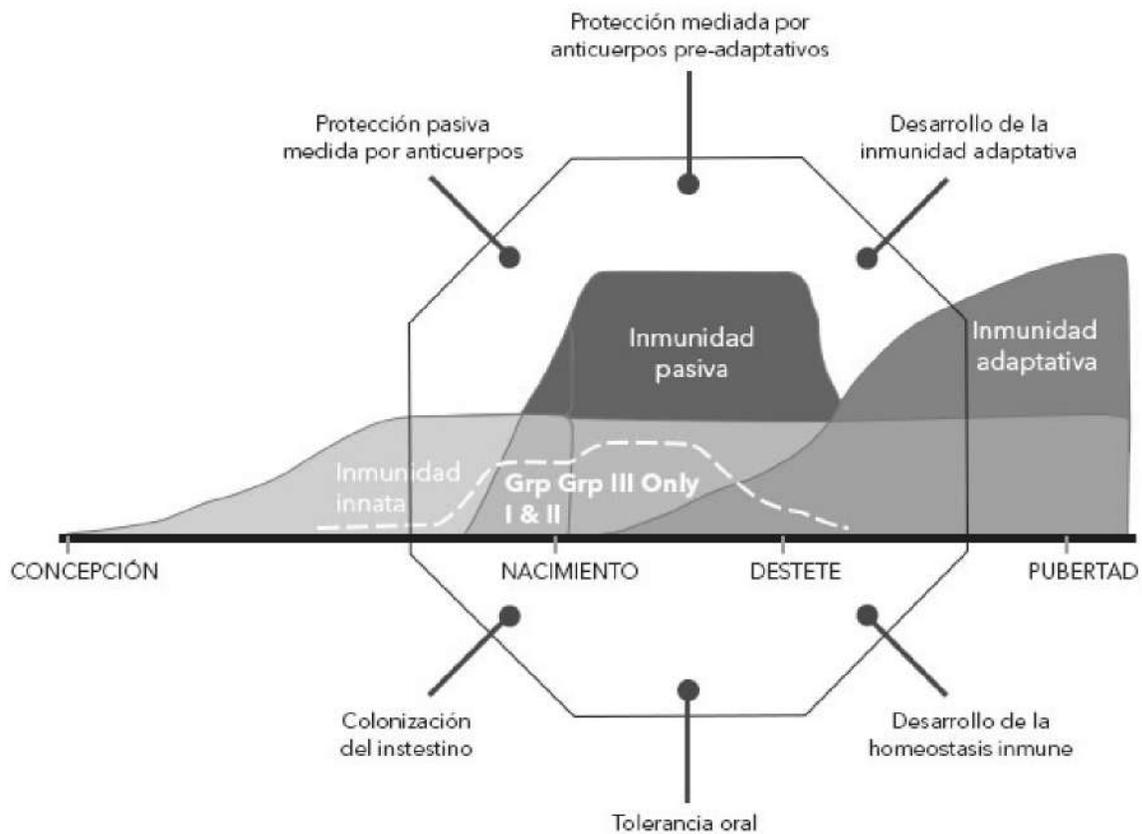


Figura 2. Ventana crítica del desarrollo inmunológico de los mamíferos. La línea punteada indica el periodo en el cual se considera que los anticuerpos pre-adaptativos son importantes. Las flechas convergentes resaltan los principales eventos inmunológicos que ocurren durante esta ventana crítica. La inmunidad pasiva de la sección marcada como Grp I & II está ausente en los cerdos porque no hay transferencia de anticuerpos en el útero (Tomado y modificado de Butler y Sinkora, 2007).

El virus del PRRS inhibe la síntesis de interferón tipo 1. De manera general, cuando un virus infecta a una célula, el RNA viral es reconocido por receptores tipo RLR o TLR que desencadenan una respuesta de liberación de interferones tipo I (IFN α e IFN β) y de citocinas. Los interferones tipo 1 son un puente de unión entre la respuesta inmune innata y la respuesta inmune adaptativa: promueven la presentación de antígenos por las células presentadoras de antígenos (macrófagos y células dendríticas), incrementan la función de las células γ natural killer (NK: células asesinas), aumentan la producción de anticuerpos por linfocitos y promueven la diferenciación de las células T hacia CD4+ y CD8+. En experimentos realizados *in vitro*, se observó que los macrófagos infectados con aislamientos virales de PRRS tienen un efecto supresor variable sobre la expresión del IFN- α (Lee y cols., 2004), de tal manera que el virus tiene mayor oportunidad de replicarse antes de que el sistema inmune reconozca que está infectado (Moskophidis y cols., 1994).

La inhibición del IFN tipo 1 mediado por el PRRSV se contrarrestó cuando los lechones fueron inoculados con un vector adenoviral que expresaba IFN- α . Lo que sugiere que el PRRSV es sensible al IFN- α . En estos animales no se observó la prevención de la infección por PRRSV, pero sí hubo una reducción leve en las lesiones pulmonares, y se retrasó la viremia y la producción de anticuerpos por un día (Brockmeier y cols., 2009).

Por otro lado, en 2012 Nan y cols. mediante estudios *in vitro* identificaron una cepa atípica de PRRSV que en vez de inhibir la liberación de IFN- α , la inducía. Esta cepa fue

denominada A2MC2, y al inocularse en lechones generó títulos de anticuerpos neutralizantes más altos y en menor tiempo en comparación con una cepa vacunal. En su momento, dicha cepa no fue utilizada como cepa vacunal porque era virulenta, sino hasta que se logró su atenuación después de 90 pases en células MARC-145. Los análisis de secuencia muestran que A2MC2-P90 tiene una eliminación de 543 nucleótidos en la región hipervariable de nsp2 y 35 mutaciones en su genoma en comparación con el virus de origen. Además A2MC2-P90 genera una mayor producción de anticuerpos neutralizantes que la cepa vacunal comercial a virus activo modificado (Ma y cols., 2016).

Aunque no se conoce bien el mecanismo por el cual la cepa A2MC2 induce interferón, recientemente se identificó que la región genética comprendida entre nsp2 y GP2 está involucrada, posiblemente por la formación de una estructura dúplex de esta región que es reconocida por un receptor MDA5 que activa la vía de producción de interferón tipo 1 (Ma y cols., 2017).

De acuerdo con lo anterior, podemos concluir que el PRRSV desregula, pero no impide que los macrófagos y las células dendríticas activen al sistema inmune adaptativo, caracterizado por una respuesta serológica y mediado por células que finalmente llevarán al control de la enfermedad. Si bien, esta respuesta es desencadenada, también se ha observado que está más desregulada en los lechones que en los cerdos adultos. Estos últimos ya tienen un sistema inmune adaptativo propiamente desarrollado, así como niveles normales de linfocitos CD8+ que son potencialmente linfocitos T citotóxicos (CTLs) y células Th2 que previenen la expansión descontrolada de los linfocitos B. Como resultado, en los animales adultos, la respuesta inmune adaptativa anula los efectos negativos del PRRSV sobre la inmunidad innata. Entonces, el principal impacto del PRRSV sobre la desregulación de la respuesta inmune específica es en los fetos y en los neonatos durante la ventana crítica del desarrollo de la homeostasis inmunológica (Butler y cols., 2014).

Los lechones infectados por el PRRSV presentan una viremia que puede durar hasta 1 mes, además de que muestran una alta respuesta serológica desde los tres días y hasta 1 mes después de la infección. Los anticuerpos inducidos en una primera fase son ¿no neutralizantes? y por lo tanto la viremia permanece; pero después de un mes, el sistema inmune genera una respuesta humoral neutralizante asociada a una disminución de los títulos virales en la sangre. Aunque los lechones muestran ausencia viral en los ensayos, hay evidencias de que el virus permanece en los nódulos linfáticos hasta por 6 meses, de tal manera que durante este tiempo aún podría haber excreción viral (Murtaugh y Genzow, 2011). Esto sugiere también la existencia de fallas a nivel de la respuesta inmune mediada por células, CTLs.

En modelos de lechones aislados infectados con el PRRSV, la activación de las células B policlonales resultó en una hiperplasia de nódulos linfáticos que contenían células productoras de inmunoglobulinas. Esto explica la hipergammaglobulinemia observada en dichos lechones, aunque menos del 1% de esos anticuerpos fue específico contra el virus. La hipótesis propuesta es que la rápida diferenciación de las células B hacia células plasmáticas se genera de tal manera que los estados intermedios CD2+CD21- están ausentes y por lo tanto, se producen anticuerpos de baja afinidad en neonatos. Aunque existe un retraso en la aparición de los anticuerpos neutralizantes, al final, los cerditos consiguen originarlos (Butler y cols., 2008). Recientemente, Robinson y cols. reportaron que los antiseros obtenidos de cerdas adultas que tuvieron contacto con diferentes cepas circulantes del PRRSV, inhiben la replicación del virus en cultivos de células MARC-145 infectadas con el PRRSV siendo el efecto dependiente de la dosis (Robinson y cols., 2015).

Los anticuerpos neutralizantes desempeñan un papel importante en el control de la viremia en cerdos infectados por el PRRSV. Sin embargo, el principal reto en la generación de vacunas eficientes consiste en enfrentarse a la capacidad del PRRSV de mutar y evadir la respuesta inmune. Esto se hace evidente debido al surgimiento de brotes que causan mortalidad aún en cerdos vacunados o que tienen contacto con el virus. La

mortalidad puede ser tan severa como lo fue en el brote de 2006 en China y en el Norte de Vietnam o el de 2010 en Laos, que causó mortalidades desde el 6.9% en sementales y hasta de 91.8% en lechones (Ni, 2012).

Aunque la inmunización es la forma convencional de prevenir y controlar las infecciones causadas por el PRRSV, se ha observado que la respuesta a la vacunación es altamente variable, particularmente con respecto a la protección cruzada de los anticuerpos neutralizantes (Charerntantanakul, 2012). Si bien, la vacunación confiere una protección tardía pero efectiva contra el PRRSV genéticamente homólogo, para el virus heterólogo la protección es parcial. Las vacunas comerciales de virus vivo modificadas inducen respuestas inmunitarias tanto humorales como mediadas por células, pero al ser virus activo, también es excretado por los animales vacunados. En 2016, Fontanella y colaboradores, reportaron una nula excreción de la cepa vacunal A2MC2-P90, sugiriendo que la cepa proporciona mayor seguridad. Sin embargo, en las pruebas de eficacia, esta vacuna sólo logró proteger a los lechones contra desafíos con una cepa de moderada virulencia (VR-2385), mientras que resultó ineficiente en la protección contra una cepa de alta virulencia atípica (MN184). En este estudio también se observó que el promedio del título de anticuerpos neutralizantes contra MN184 fue significativamente menor que contra VR-2385. A nivel genético, se determinó que la identidad de nucleótidos de la cepa A2MC2-P90 es de 92.3% con la cepa VR-2385 y de 84.5% con la cepa MN183 (Fontanella y cols., 2016). Aunque los autores indican que la falla en la protección podría ser debido a una alta dosis del virus de desafío, es evidente que entre más homóloga sea la cepa vacunal con la cepa de desafío, la protección es mayor. Shabir y cols. (2016), mediante la generación de PRRSV quiméricos, coinciden con esta hipótesis y además proponen que la homología debe ser a nivel de las proteínas estructurales del virus ORF 2-6.

A manera de resumen, el virus del PRRS afecta de diferente manera a los cerdos adultos que a los lechones. Aunque este virus desregula la respuesta inmune innata en ambos estratos de animales, en el caso de los cerdos adultos, la respuesta inmune adaptativa puede superar la falla de la primera línea de defensa. Esto no sucede así en los lechones, los cuales aún no tienen un sistema inmune maduro, por lo que es posible observar una lenta resolución del problema. La viremia puede ser controlada por la presencia de anticuerpos neutralizantes pero la eliminación del virus se lleva a cabo por los linfocitos T citotóxicos. Si bien, el uso de vacunas vivas atenuadas ha controlado parcialmente las infecciones ocasionadas por el PRRSV, frecuentemente se observa que éste es capaz de evadir la respuesta inducida por la vacuna, por lo que es necesaria la homologación de la cepa vacunal con las cepas de campo. La tendencia es la generación de cepas que no desregulen al sistema inmune de los neonatos y que además generen protección cruzada. Esto último se ha logrado mediante la generación de cepas quiméricas. Una alternativa que podría complementar el control de la enfermedad es el uso de anticuerpos neutralizantes en la ventana crítica del desarrollo del sistema inmune de los lechones.

Bibliografía

Brockmeier, S.L., Lager, K.M., Grubman, M.J., Brough, D.E., ETTYREDDY, D., SACCO, R., GAUGER, P.C., LOVING, C.L., VORWALD, A.C., KEHRLI, M.E., LEHMKUHL H.D.(2009). Adenovirus-mediated expression of interferon-alpha delays replication and reduces disease signs in swine challenge with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Viral Immunol*, 22(3): 173-180.

Butler, J.E., Sinkora, M. (2007). The isolator piglet: a model for studying the development of adaptive immunity. *Imunol Res*, 39(1-3): 33-51.

Butler, J.E., Lager, K.M., Golde, W., Faaberg, K.S., Sinkora, M., Loving, C., Zhang, Y.I.(2014). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): an immune dysregulatory pandemic. *Imunol Res*, 59(1-3): 81-108.

Butler, J.E., Wertz, N., Weber, P., Lager, K.M. (2008). Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Subverts Repertoire Development by Proliferation of Germline-Encoded B Cells of All Isotypes Bearing Hydrophobic Heavy Chain CDR3. *J Immunol*, 180(4): 2347-2356.

Charerntantanakul, W. (2012). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Immunogenicity, efficacy and safety aspects. *World J Virol.*, 1(1): 23-30.

Fontanella, E., Ma, Z., Zhang, Y., De Castro, A., Shen, H., Halbur, P.G., Opriessnig T.(2016). An interferon inducing porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccine candidate elicits protection against challenge with the heterologous virulent type 2 VR-2385 in pigs. *Vaccine*, 35(1): 125-131.

Lee, S.M., Schommer, S.K., Kleiboeker, S.B. (2004). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus field isolates differ in in vitro interferon phenotypes. *Vet Immunol Immunopathol*, 102(3): 217-231.

Ma, Z., Yu, Y., Xiao, Y., Opriessnig, T., Wang, R., Yang, L., Nan, Y., Samal, S.K., Halbur, P.G., Zhang, Y.J.(2016). Sustaining Interferon Induction by a High-Passage Atypical Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Strain. *Sci Rep*, 6:36312.

Ma, Z., Yu, Y., Xiao, Y., Opriessnig, T., Wang, R., Yang, L., Nan, Y., Samal, S.K., Halbur, P.G., Zhang, Y.J. (2017). The middle half genome of interferon-inducing porcine reproductive and respiratory syndrome virus strain A2MC2 is essential for interferon induction. *Journal of General Virology*, 98(7): 1720-1729.

Murtaugh, M.P., & Genzow, M. (2011). Immunological solutions for treatment and prevention of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS). *Vaccine*, 29(46): 8192-8204.

Nan, Y., Wang, R., Shen, M., Faaberg, K.S., Samal, S.K., Zhang, Y.J. (2012). Induction of type I interferons by a novel porcine reproductive and respiratory syndrome virus isolate. *Virology*, 432(2): 261-279.

Ni, J., Yang, S., Bounlom, D., Yu, X., Zhou, Z., Song, J., Khamphouth, V., Vattthana, T., Tian, K. (2012). Emergence and pathogenicity of highly pathogenic Porcine reproductive and respiratory syndrome virus in Vientiane, Lao People's Democratic Republic. *J Vet Diagn Invest.*, 24(2): 349-54.

Robinson, S.R., Li, J., Nelson, E.A., Murtaugh, M.P. (2015). Broadly neutralizing antibodies against the rapidly evolving porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Res.*, 203: 56-65.

Shabir, N., Khatum, A., Nazki, S., Kim, B., Choi, E.J., Sun, D., Yoon, K.J., Kim, W.I.(2016). Evaluation of the Cross-Protective Efficacy of Chimeric Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Constructed Bases on Two Field strains. *Viruses*, 8: 240.

Manejo de cerdas y lechones en la etapa de lactancia

La etapa de lactancia comienza desde el momento en que la cerda llega a la sala de maternidad, el poricultor debe preocuparse en qué condiciones llega la hembra y, posteriormente, brindarle todos los recursos necesarios para que los lechones tengan un crecimiento óptimo y beneficioso.

La lactancia es considerada la fase más crítica y gravitante en el desarrollo de los porcinos. La cría tiene que implementar diversos mecanismos de supervivencia para acoplarse - en el menor tiempo posible - a las nuevas condiciones de vida. El recién nacido necesita ingerir calostro, que es la primera secreción de la glándula mamaria después del parto; El calostro contiene una cantidad de inmunoglobulinas que son fundamentales en el neonato, sobre todo teniendo en cuenta que la absorción de dichas inmunoglobulinas (proteínas de enorme tamaño molecular) es mayor en lechones recién nacidos, disminuyendo tan solo en horas de absorción, al igual que la salida de calostro. Esos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de la cría.

En ese sentido, interviene el poricultor para coadyuvar a que la adaptación sea más cómoda para el lechón y por ende, sacar el mayor rédito de este periodo. Los objetivos son producir el máximo número de lechones destetados por cerda y por año, minimizar las pérdidas de lechones durante la lactación y procurar un crecimiento adecuado desde el nacimiento hasta el destete. Luego del destete, se debe favorecer una entrada en celo regular, condición indispensable para tener posteriores camadas numerosas, especialmente en el caso de las cerdas primerizas, puesto que condicionará su vida productiva y afectará de manera positiva o negativa la economía del productor.



En este aspecto: Un menor número de días al destete influirá en el desarrollo del lechón, debido a que comenzará una alimentación basada en dietas balanceadas con nutrientes necesarios y esto le permitirá alcanzar un peso y tamaño importante (dependiendo de la línea genética que se disponga).

El factor económico juega un papel importante en esta etapa, puesto que intervendrán aspectos relacionados a la madre, al lechón, al ambiente y al alojamiento. El porcicultor debe brindar al lechón los requerimientos nutritivos adecuados para destetarlo en poco tiempo y de ese modo comience a producir ganancias. Un programa de alimentación para las cerdas en lactancia es tener que conseguir el mayor peso de camada al destete lo máximo posible, pero eso tiene que estar acompañado de un buen reflejo de la cantidad de alimento que consume la cerda, alimento muy bien formulado para este proceso fisiológico.

La cerda debe permanecer en un ambiente de sosiego, evitando ruidos molestos, cambios en el manejo y constantes movimientos de animales o personas. Se recomienda que la hembra y su camada se queden en el mismo sitio durante toda la lactancia, salvo que sea inminente su traslado, este debe efectuarse con mucho cuidado para no causarle mayor nerviosismo.

Desde luego, se debe monitorear la salud y la ingesta de alimentos con frecuencia. En general, la gente involucrada al sector coincide en que cuanto antes se llegue al pico más alto de consumo mucho mejor (hay quienes consideran incluso, que es más importante que el consumo medio en la lactación). Ello es especialmente cierto en las cerdas primerizas y en las técnicas de destete precoz.

Por otra parte, muchos productores desconocen la importancia de que la cerda conserve un buen estado físico (carne), sin aumentos o bajas excesivas en el peso, porque puede generar problemas en la lactancia o desencadenar incluso en problemas infecciosos. El alimento se debe suministrar de acuerdo a los requerimientos básicos de la cerda para dicha etapa.

Las raciones deben darse a libre voluntad, permitiéndoles a las lactantes comer de 5.5 a 6 kg por día si son primerizas y de 6 a 7 kg por día si son adultas. Esa cantidad de alimento tiene que repartirse de 4 a 6 veces por día, y en zonas calientes a las horas más frescas y en el transcurso de la noche. Entonces, inexorablemente hay que asegurarse que la cerda coma, que tengan suficiente energía en lo que pueda ingerir y procurar hacerla comer la mayor cantidad de veces posible.

A la cerda se le debe dar 2 kg y 0.5 kg por lechón. La forma más usual de alimentar a la cerda es que consuma de 0.5 a 1 kg de alimento el día del parto, y luego incrementarlo para que entre el quinto al sexto día esté en su máximo consumo.

Para optimizar el consumo de alimento y como resultado mejorar los rendimientos de las cerdas, es importante seguir las siguientes recomendaciones:

- Mantener a la cerda fresca (15 a 25 °C).
- Servirle pequeñas cantidades de alimento, 1 a 2 kg, pero varias veces al día (4 a 6) o en la noche si hace mucho calor.
- Obligarla a pararse para que orine, defeque, tome agua y coma.
- Mantener los comederos aseados, sin alimento rancio.
- Quitar el alimento sobrante antes de servir el nuevo.

- Dar alimento húmedo, o usar comederos con bebedero integrado.



El éxito en la preparación de una comida balanceada para la cerda, es la utilización de insumos de alta calidad para crear las mejores sustancias que permitan maximizar los rendimientos. Las dietas están conformadas por fuentes de energía, proteínas, vitaminas, minerales y aditivos. Las fuentes de energía están compuestas por granos, subproductos, grasas y aceites. La principal fuente de energía es el maíz, este elemento se combina con una fuente de proteína como la harina de soya y además es complementada con grasa o aceite para cumplir con las demandas energéticas de la cerda.

El agua también juega un papel preponderante en el periodo de lactancia y está ligada de manera estrecha a la alimentación, por ello debe ser de calidad (limpia) y estar a disposición de la cerda en cantidades proporcionales. La ausencia de este elemento reducirá el apetito de las cerdas. En ese sentido, las necesidades de agua (litros) deben calcularse multiplicando la cantidad de kilogramos ingeridos por 3.7 aproximadamente.

En la jaula de maternidad tiene que haber una tasa de flujo adecuado por minuto, se debe considerar cuantos litros por minuto salen del chupón de acuerdo también a los requerimientos de la mamá. Las cerdas mientras más consumen agua, ingieren menos alimento y viceversa.

Además agregó que hoy en día algunas empresas practican la alimentación húmeda, mezclando el agua con alimento seco en comederos especiales.

Mezclado de alimento para cerdos

Los cerdos son alimentados con raciones concentradas de compuestos en cereales y proteínas vegetales.

Los cereales más comunes utilizados son granos de maíz blanco o amarillo, soja, sorgo, arroz, trigo, cebada y otros. También pueden utilizarse subproductos como el salvado de trigo, papa cocida, plátano maduro o melaza de caña.

También forma parte de la dieta porcina diferentes tipos de harina, como ser harina de soja, harina de sangre, incluyendo suero de leche, proteínas secas, aceite de soja, calcio, óxido de zinc y otros compuestos apropiados.

Debe sumarse la inclusión de vitaminas y proteínas en sus diferentes presentaciones, tanto líquidos como polvos procesados.

La mayoría de los alimentos para cerdos se suministran a granel.

Los nutricionistas elaboran dietas balanceadas con base a las necesidades energéticas que tienen los cerdos en sus diferentes etapas cíclicas, como el destete, la reproductiva y la productiva. Con base a las necesidades, se valoran qué materias primas se utilizarán según su calidad y composición nutricional, brindando el resultado buscado en una dieta nutritiva, económica y rentable.

El proceso de alimentación porcina comienza con la reunión de los nutrientes, continúa con la mezcla de los mismos, luego la presentación del alimento (harinas, pellet), y por último el transporte del alimento hacia los comederos donde se los debe distribuir de acuerdo a las etapas de crecimiento.

Mezclado

El proceso de mezclado de los diferentes nutrientes tiene el objetivo de lograr un producto alimenticio principalmente homogéneo, donde cada mínima porción ¿o ración? contenga todos los elementos con su valor sustancioso y energético.

Esto se logra reuniendo en un mismo recipiente los compuestos y forzarlos a moverse en diferentes direcciones hasta lograr cierta uniformidad conforme al resultado deseado.

Una mezcla es un sistema formado por dos o más sustancias puras pero no combinadas químicamente. En la mezcla no se produce ninguna reacción química y cada uno de los componentes mantiene su clasificación y propiedad química. Las mezclas se caracterizan básicamente en que los componentes de la misma pueden separarse por medios físicos como ser destilación, decantación, centrifugado u otros.

Podemos clasificar a los mezcladores en dos grandes grupos ¿de acuerdo a su geometría? en horizontales y verticales, utilizando para el caso específico del mezclado de alimentos en preferencia los horizontales.

En el caso de los mezcladores horizontales la temática de diseño varía acorde al destino prefijado, que luego suele cambiarse respecto a la densidad de los insumos a mezclar, provocado por los avances tecnológicos en los componentes químicos, y también por las mejoras introducidas a medida que la investigación expande el horizonte de las posibilidades, y también debido a la versatilidad ¿o facilidad? en la carga y descarga de los equipos y el sencillo control de las piezas componentes.

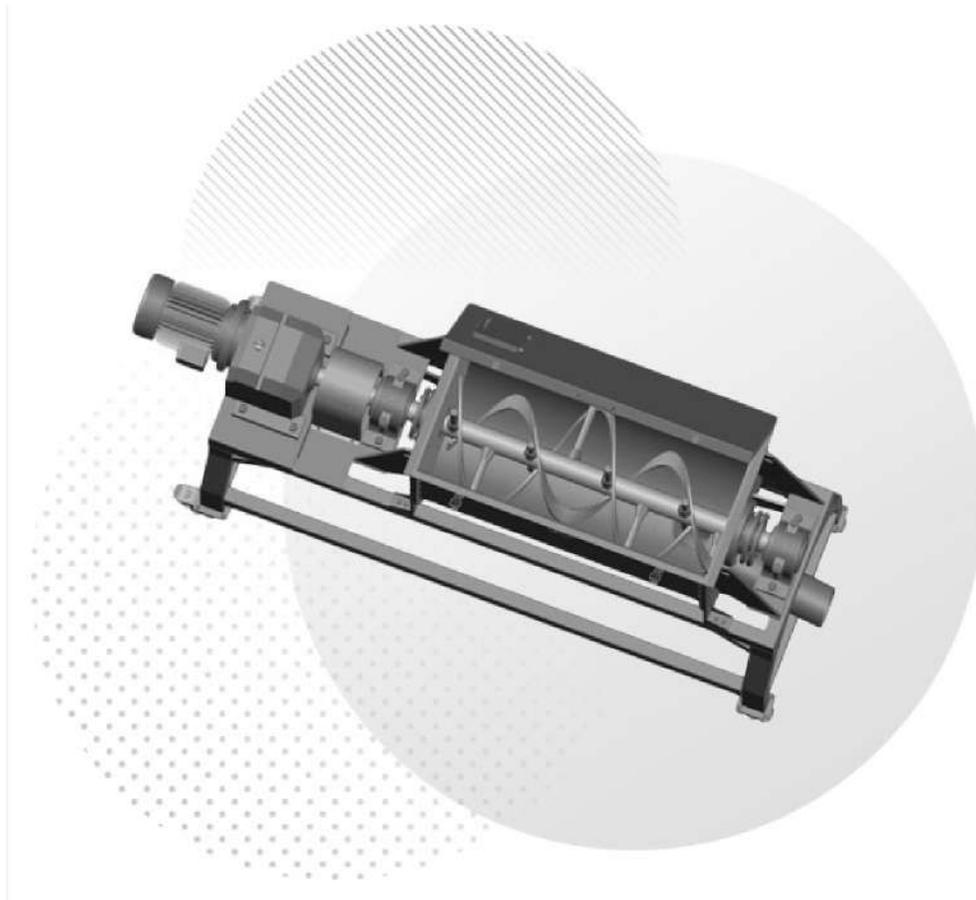
Encontramos un mezclador horizontal de cintas, muy apropiado para la mezcla de alimentos puesto que moviliza los productos de un extremo hacia el otro motivados por dos cintas en forma helicoidal con diámetros y sentidos diferentes soldadas sobre un único eje; mientras una parte de los insumos recorre tangencialmente la cinta de mayor diámetro, otra parte hace lo mismo en sentido opuesto dentro de la masa en movimiento, generando un contacto íntimo entre las variadas sustancias que conforman el producto final.



La salida del alimento combinado se produce cuando una válvula neumática permite en su apertura liberar la mezcla hacia el conducto ubicado en el extremo, empujado por el eje que obliga a sostener el movimiento.

Este equipo permite mezclar medianos volúmenes ciertamente densos, ya que el presentado tiene un motor de 7,5 HP, girando a 46 RPM, permitiendo una capacidad de trabajo de 150 a 300 litros, siendo el volumen total del recipiente de 500 litros.

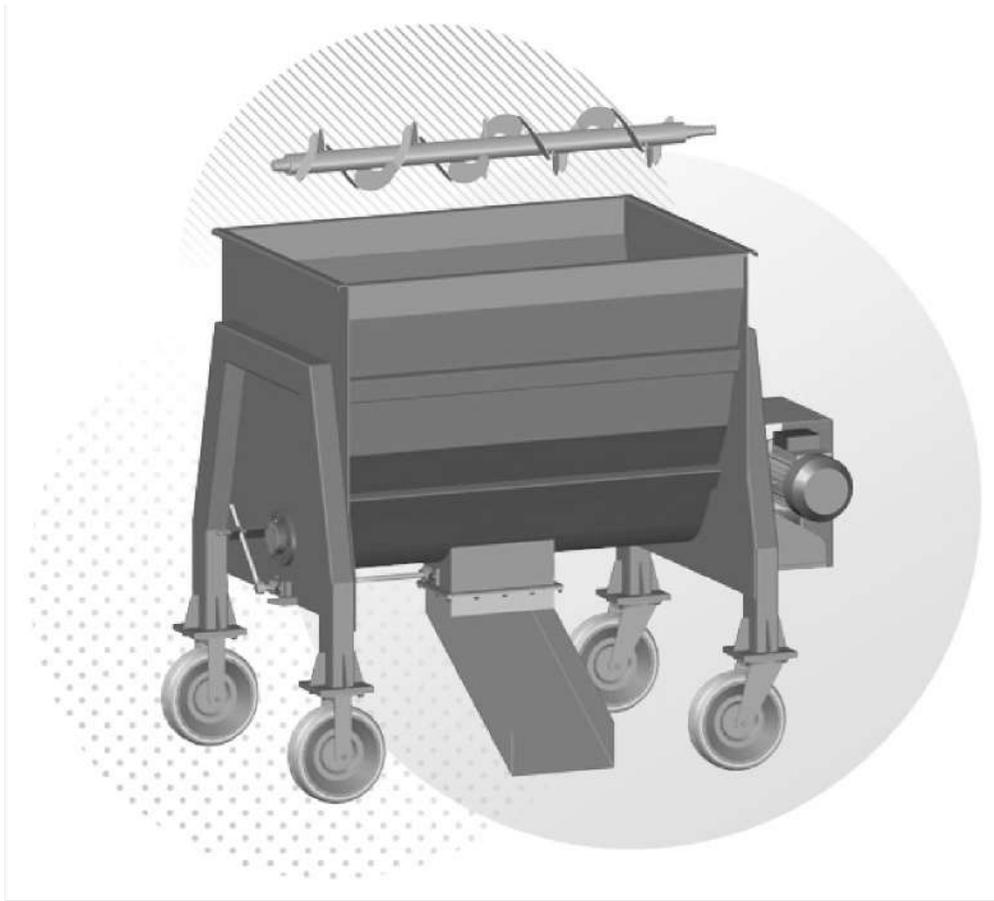
La tapa se rebate en su totalidad facilitando la carga de productos, contando con una pequeña compuerta para revisar el estado de la operación de mezclado, siendo el tiempo de trabajo entre 8 a 20 minutos, dependiendo de la humedad de los insumos, temperatura, viscosidad, grados de los polvos y demás factores particulares.



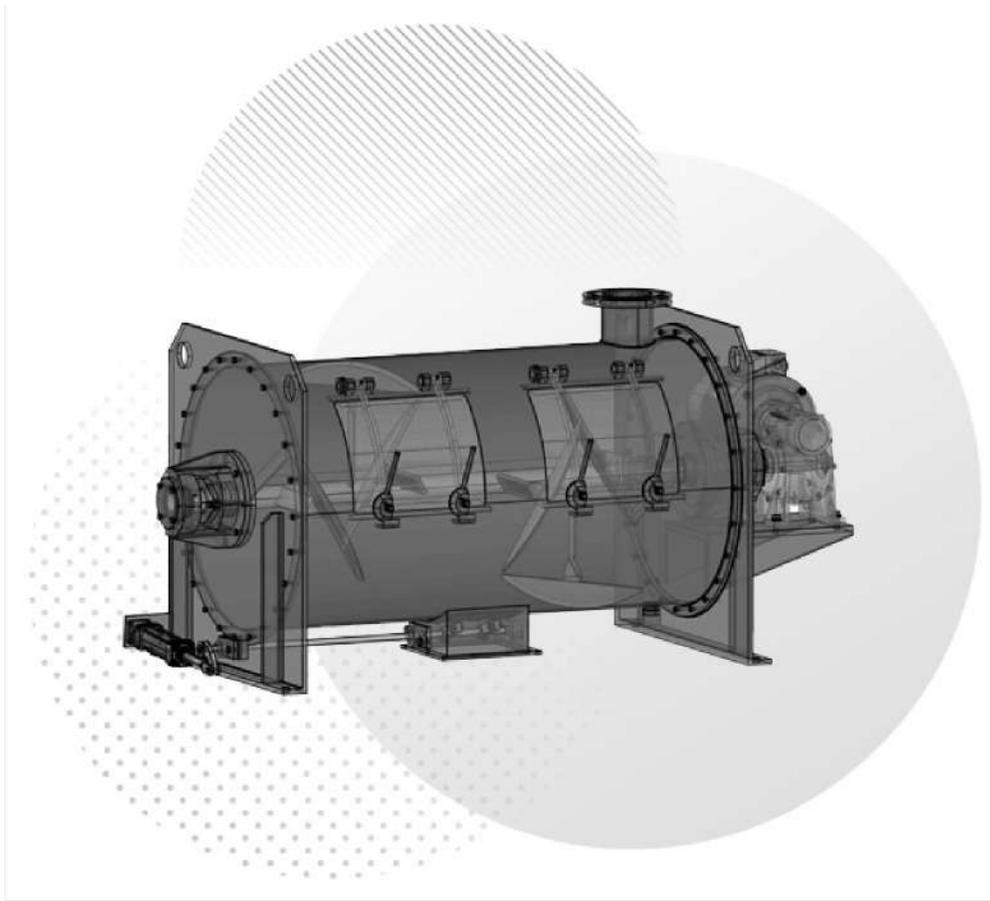
Este otro mezclador, también transportable, se diferencia del anterior por poseer un eje al cual están soldadas varias paletas dispuestas en formación de hélice, disponiendo que la mitad están orientadas para generar un flujo desde el lateral del recipiente hacia el centro, mientras la otra mitad está orientada en sentido inverso, resultando la descarga en el centro bajo el equipo, orientada si se desea hacia un lateral o bien, quitando la bandeja orientadora, debajo mismo del mezclador. La descarga es manual con la palanca desde uno de los laterales.



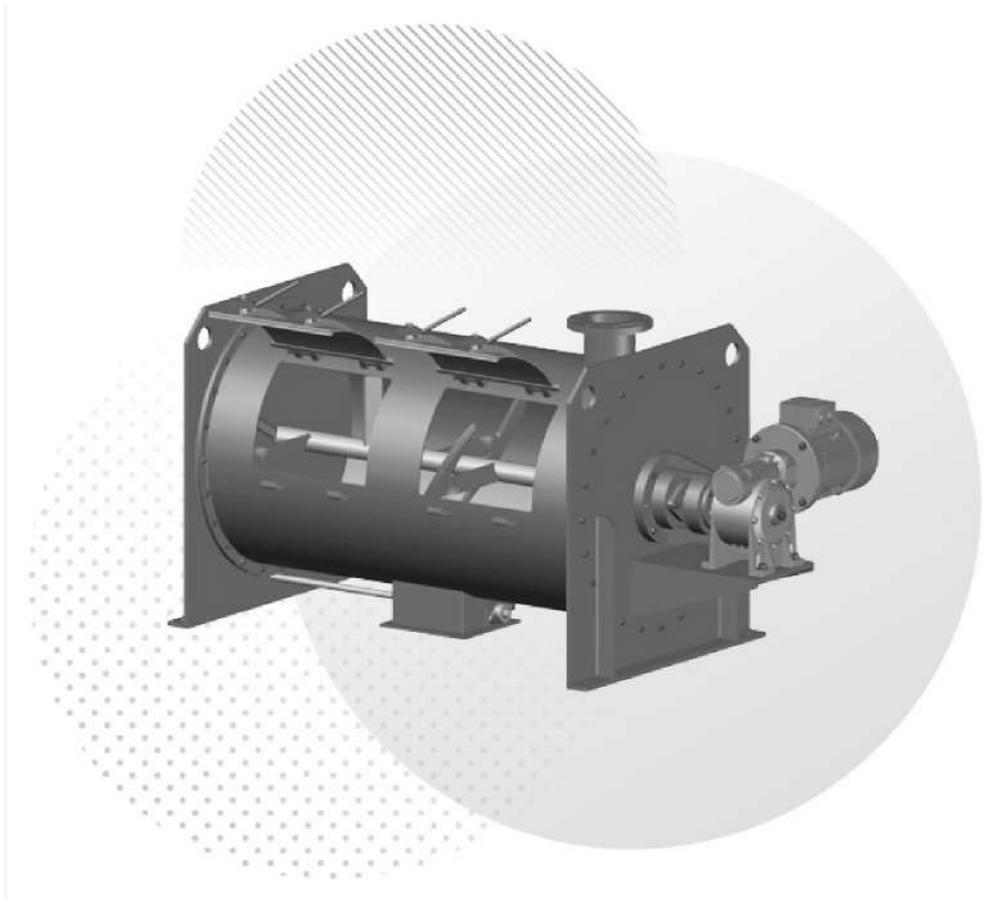
En función de la geometría dispuesta, este mezclador resulta más apropiado para mezclar insumos fibrosos con granos y polvos gruesos, todos con bajo tenor de humedad. Las paletas garantizan la integridad de los productos a mezclar, tanto en su forma como en las propiedades, ya que todo se realiza de manera suave, siendo la descarga directa desde cada uno de los sentidos de traslación.



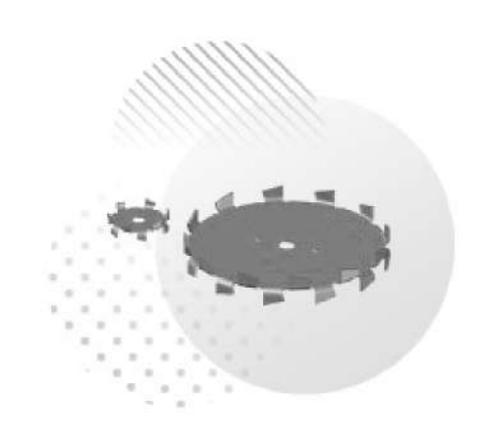
Este tipo de mezclador forma parte de un proceso de mezclado de alimentos. La disposición de las paletas tiene las mismas características que el equipo anterior respecto a la circulación hacia el centro, al igual que la descarga.



La carga superior puede realizarse desde cualquier punto tangente al cilindro o cámara de mezclado, resultando la descarga una compuerta accionada por un cilindro neumático. El equipo cuenta con dos compuertas herméticas de inspección, necesarias también para la limpieza del equipo.



Este mezclador maneja 750 litros de insumos, permitiendo mezclar sólidos con sólidos, sólidos con líquidos, y ambos con polvos, siendo su característica más destacable la dispersión de las aglomeraciones que asegura la homogeneidad del total de la mezcla. En el caso de ser necesario puede incluirse rompedores de grumos (chopper), o cizallas cortadoras o dispersantes mecánicos de grumos.



Suele ocurrir que el equipo mezclador trabaje en un principio de acuerdo a los parámetros de adquisición, pero luego de cierto tiempo aumenta el consumo de energía eléctrica, avisando así que estamos en presencia de fallos no detectados hasta el momento, encontrando que pueden ser:

- Falta de mantenimiento de las partes lubricadas.

- En la entrada y salida del eje al recipiente suelen utilizarse empaquetaduras cuyo ajuste es manual y suelen apretarse en demasía, restando potencia de trabajo para vencer la resistencia por rozamiento transformada en calor.
- Debido a cargas en exceso, o bien en la formación de grumos al mezclar polvos en líquidos, u otros factores que dependen de los insumos, suelen deformarse los álabes del eje (o bien las cintas, brazos u otros elementos que suelen usarse para agitar la mezcla), produciendo roces tanto en el cilindro o en los laterales que producen huellas en los metales cuyas consecuencias son ilimitadas.
- También debido al punto anterior es posible que se deforme el eje de manera permanente, tanto en su alineación como en su balanceo, generando descentrados que consumen para el giro gran parte del momento torsor que proporciona el motor.

Nunca es recomendable cambiar el motor de diseño para reemplazarlo por otro de mayor potencia con la intención de obtener mezclados más homogéneos, ya que el eje no resiste más que el torque original y los álabes tampoco, deformándolos de manera considerable y el costo de reparación es muy elevado.