



ABANICO BOLETIN TECNICO Vol. 3 ENERO-DICIEMBRE 2024 ISSN XXXX-XXXX

Abanico
Boletín Técnico®



Abanico Boletín Técnico. Es una revista de investigación y difusión del conocimiento que aborda temas de la salud animal, producción animal, pesca, acuícola, agrícola, forestal, ambiente, educación, industrialización, comercialización y otros temas relacionados; de acceso abierto, digital y en línea.

<https://abanicoacademico.com/abanicoboletintecnico/index>



Abanico Boletín Técnico.

Es una revista digital arbitrada de investigación y difusión del conocimiento que aborda temas de la salud animal, salud pública, producción animal, biodiversidad, agrícola, forestal, ambiente, educación, industrialización y comercialización, pesca, acuícola, del mar y otros temas relacionados. Se trabaja bajo el sistema de publicación continua, de ciencia abierta en acceso y arbitraje.

Se publican artículos de investigación, notas de investigación, casos clínicos, estudios de casos, revisiones de literatura, descripción de cultivares, desarrollos tecnológicos y memorias de congreso. El uso de la información contenida en esta revista es responsabilidad de cada persona. Por ser una revista de acceso abierto los autores pagarán \$1,160.00 pesos mexicanos para gastos contables, arbitraje, edición, publicación, DOI y pagos fiscales. Enviar archivo Word, carta de originalidad, responsabilidad y cesión de derechos.

Su página web y correo

<https://abanicoacademico.com/abanicoboletintecnico>

abanicoboletin@gmail.com

CINTILLO LEGAL

Abanico Boletín Técnico, Año 3, Volumen 3, Enero-Diciembre 2024, es una Publicación continua, editada por Sergio Martínez González, Calle Tezontle 171, Colonia El Pedregal, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63164, Tel 01 311 1221626, www.abanicoacademico.mx, abanicoboletin@gmail.com Editor responsable: Esperanza Herrera Torres. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-092611454300-102, ISSN: XXXX-XXXX, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Ing. Sergio A Martínez Orozco, Mina 262, Col. Centro, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63000, fecha de la última modificación, 27-08-2024.



Abanico Boletín Técnico, Año 3, Volumen 3, Enero-Diciembre 2024

Contenido

Artículos de Investigación

Efecto de la administración de eCG y GnRH-análogo en el desempeño reproductivo de cerdas primíparas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica.	4
Efecto del nopal fermentado en la concentración de metano <i>in vitro</i> .	21
Coberturas en control de malezas en cultivo de agave en los Altos de Jalisco.	28

Revisión de Literatura

Una revisión sobre la producción de gas metano porcino en lagunas anaeróbicas.	37
Problemas reproductivos en yeguas y su importancia en la producción equina.	49



Abanico Boletín Técnico. Enero-Diciembre, 2024; 3:1-16.
Artículo Original. e2024-25.

Efecto de la administración de eCG y GnRH-análogo en el desempeño reproductivo de cerdas primíparas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica

Effect of the administration of eCG and GnRH-analogue on the reproductive performance of primiparous sows weaned under high caloric load conditions

Paixao-Guzmán Anabel ^{ID}, Portillo-Loera Jesús ^{ID}, Romo-Valdez Juan ^{ID}, Romo-Valdez Ana ^{ID}, Romo-Rubio Javier* ^{ID}

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Boulevard San Ángel, No. 3800, Fraccionamiento San Benito, C.P. 80246. Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Autor de correspondencia: Romo-Rubio Javier. E-mail: apaixaoguzman@gmail.com, portillo6422@uas.edu.mx, romo_14@hotmail.com, e.ana.romo@uas.edu.mx, romo60@uas.edu.mx

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de eCG y GnRH-análogo en el desempeño reproductivo de cerdas primíparas que estuvieron en lactación en condiciones de alta carga calórica ambiental, se realizó un estudio durante los meses de junio a octubre. La temperatura ambiental promedio durante el periodo de estudio fue de 30.9 °C y una humedad relativa de 74.6 % (ITH de 83.4 puntos). Se utilizaron 100 cerdas primíparas, a las que se les asignó uno de dos tratamientos (T): T1 (Grupo testigo; n = 50); cerdas que no recibieron tratamiento hormonal posdestete y T2 (eCG + GnRH; n = 50); cerdas que recibieron la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h posdestete y 50 µg de GnRH al momento de la manifestación de celo. Las cerdas que recibieron la aplicación de 1000 UI de eCG tuvieron un menor ($p<0.05$) intervalo destete-celo (129.41 vs. 218.54 h); sin embargo, la tasa de parto fue menor ($p<0.05$) en las cerdas que recibieron el tratamiento combinado de 1000 UI de eCG 24 h posdestete y 50 µg de GnRH al momento de la manifestación de celo (66.66 vs. 81.25 %). El tamaño y peso de la camada no fue modificado ($p>0.05$) por el tratamiento. Los resultados obtenidos permiten concluir, que la aplicación i.m. de 1000 UI eCG 24 h posdestete, a cerdas primerizas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica, disminuye el intervalo destete celo, pero la administración combinada de 1000 UI de eCG 24 h posdestete y 50 µg de GnRH al momento de la manifestación de celo disminuye la tasa de parto en cerdas primíparas metabólicamente comprometidas bajo condiciones de alta carga calórica ambiental.

Palabras clave: eCG, GnRH, desempeño reproductivo, estrés calórico, cerdas primíparas.

ABSTRACT

With the objective of determining the effect of the application of eCG and GnRH-analogue on the reproductive performance of primiparous sows that were lactating under conditions of high environmental caloric load, a study was carried out during the months of June to October. The average ambient temperature during the study period was 30.9 °C and a relative humidity of 74.6 % (ITH of 83.4 points). One hundred primiparous sows were used, which were assigned one of two treatments (T): T1 (Control group; n = 50); sows that did not receive post-weaning and T2 hormonal treatment (eCG + GnRH; n = 50); sows that received i.m. of 1000 IU of eCG 24 h post-weaning and 50 µg of GnRH at the time of the onset of heat.



Sows that received the application of 1000 IU of eCG had a shorter ($p<0.05$) weaning-to-estrus interval (129.41 vs. 218.54 h); However, the farrowing rate was lower ($p<0.05$) in the sows that received the combined treatment of 1000 IU of eCG 24 h post-weaning and 50 μ g of GnRH at the time of estrus (66.66 vs. 81.25%). The size and weight of the litter was not modified ($p>0.05$) by the treatment. The results obtained allow us to conclude that the i.m. application of 1000 IU eCG 24 h post-weaning, to gilts weaned under conditions of high caloric load, decreases the weaning-to-estrus interval, but the combined administration of 1000 IU of eCG 24 h post-weaning and 50 μ g of GnRH at the time of the manifestation of estrus decreases farrowing rate in metabolically compromised primiparous sows under conditions of high environmental caloric load.

Keywords: eCG, GnRH, reproductive performance, heat stress, gilts.

INTRODUCCIÓN

Las cerdas destetadas bajan su rendimiento reproductivo en condiciones de alta carga calórica ambiental, lo que se ha denominado como “infertilidad estacional”, misma que se manifiesta durante los meses de verano-otoño (de Rensis *et al.*, 2017). Las manifestaciones de infertilidad estacional incluyen pubertad tardía (Peltoniemi *et al.*, 1999), intervalo destete-estro prolongado o irregular (Sterning *et al.*, 1990), tasas reducidas de partos (Tast *et al.*, 2002), anestros y tamaños reducidos de camada (Wegner *et al.*, 2016). En general, la infertilidad estacional se expresa con mayor frecuencia en cerdas primerizas (nulíparas) y en cerdas primíparas que en cerdas multíparas (Bloemhof *et al.*, 2013). La baja ingesta de nutrientes durante la lactancia está relacionada con la reducción de la fertilidad de las cerdas (Kirkwood *et al.*, 1990) y se asocia con una disminución preovulatoria de LH en las cerdas (Baidoo *et al.*, 1992) y una menor secreción basal de LH en cerdas primerizas gestantes (Peltoniemi *et al.*, 1997) y cerdas adultas (Kirkwood *et al.*, 1990). Se ha sugerido que la disminución en la secreción de LH tiene un efecto adverso sobre la calidad de la luteinización de los folículos ovulados (Aherne y Kirkwood, 1985), lo que sugiere una menor producción de progesterona y sus posibles consecuencias en el mantenimiento de la gestación. Se sabe que el proceso de desarrollo folicular y la tasa de ovulación dependen de las gonadotropinas (Soede *et al.*, 2011); la hormona luteinizante (LH) es responsable de la maduración y selección de los folículos que eventualmente ovularán, y la hormona folículo estimulante (FSH) desempeña una función de apoyo en la maduración del folículo (Guthrie *et al.*, 1990). Estas hormonas se usan comúnmente en forma combinada para inducir el crecimiento folicular y la ovulación en protocolos para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en cerdas destetadas (Brüssow *et al.*, 1996). La gonadotropina coriónica equina (eCG) es la hormona más utilizada para sincronizar el desarrollo folicular después del destete (Kirkwood & Kauffold, 2015); al respecto, se ha observado que un menor porcentaje de cerdas tratadas con 1000 UI de eCG desarrollan quistes ováricos (Schlegel *et al.*, 1978); además, cerdas primíparas y multíparas que recibieron la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h después del destete tuvieron mayor tasa de preñez y tamaño de camada que



las que recibieron la combinación de 400 UI de eCG/200 UI de hCG (Barbe *et al.*, 1997, citado por Brüssow *et al.*, 2009). Los análogos de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH; Peforelina, Triptorelina, Buserelina, Gonadorelina y Goserelina) se han utilizado para sincronizar la ovulación en cerdas destetadas (de Jong *et al.*, 2013; Kirkwood & Kauffold, 2015). Se ha observado que primerizas inyectadas con 50 µg de D-Phe6-LHRH (Gonavet®) 78-80 h después de la aplicación de 1000 UI de eCG e inseminadas artificialmente a las 24 y 40 h después de la aplicación de GnRH, tuvieron mejor fertilidad en comparación con el uso de hCG para inducir la ovulación (Brüssow *et al.*, 1996). El objetivo del presente estudio fue medir la respuesta reproductiva de la cerda primípara, destetada en condiciones de alta carga calórica ambiental, a la aplicación de eCG 24 h posdestete y GnRH-análogo al momento de la manifestación de celo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del área de estudio. El estudio se realizó durante los meses de junio a octubre de 2019, en la granja porcina de ciclo completo “La Huerta”, localizada en el municipio de Culiacán, Sinaloa, en el noroeste de México; con coordenadas geográficas: 24° 49' 38' latitud Norte y 107° 22' 47' longitud Oeste, con una altitud de 60 msnm (INEGI, 2009). El clima se clasifica como semiseco muy cálido (BS1(h')), con temperatura media anual de 24.9 °C, con máximas de 45 °C en los meses de julio y agosto, y mínimas de 7°C en diciembre y enero. La precipitación pluvial es de 671.4 mm, con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre (García, 2004).

Animales en estudio y prácticas de manejo. Se utilizaron 100 cerdas primíparas destetadas durante el verano, clínicamente sanas. Al destete se midió el EGD. Las cerdas fueron alojadas en corrales colectivos con piso de concreto, ubicados en galerón abierto totalmente techado, en grupos de 15 cerdas máximo, de acuerdo con su peso corporal. Todas las cerdas fueron alimentadas con una dieta de gestación a libre consumo, con acceso permanente a agua de bebida. La estimulación del estro se realizó a partir de las 24 h después del destete, diariamente a las 0700 y 1600 h, con la ayuda de un semental sexualmente maduro y se registró el intervalo destete-celo. Las cerdas detectadas en celo fueron alojadas en jaulas individuales de gestación, ubicadas en un galerón abierto con piso de concreto y totalmente techado; fueron inseminadas a las 12, 24 y 36 h después de detectadas en celo, con la presencia de un semental sexualmente activo. Las cerdas permanecieron en las jaulas de gestación hasta los 110 días post inseminación, periodo durante el cual recibieran 2 kg de alimento de una dieta de gestación. El diagnóstico de gestación se realizó a los 28 días post inseminación artificial. Cuatro días antes de la fecha probable de parto las cerdas fueron trasladadas a la sala de maternidad; espacio cerrado con techos con aislamiento térmico y ventilación forzada. Al momento



del parto se registró el número total de lechones nacidos, lechones nacidos vivos y peso de la camada al nacimiento. Se registró el número de cerdas inseminadas y cerdas paridas, con base en lo cual se determinó la tasa de parto.

Con base en el registro de la temperatura y humedad relativa de la estación meteorológica más cercana a la unidad de producción porcina se determinó el índice de temperatura y humedad (ITH) al que las cerdas estuvieron expuestas durante el periodo de estudio.

Diseño experimental. Se utilizaron 100 cerdas primíparas (genética PIC), destetadas durante el verano, clínicamente sanas, en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos (T) consistieron en: T1: (Grupo testigo; $n = 50$), cerdas primíparas que no recibieron tratamiento hormonal posdestete y T2: (eCG + GnRH-A; $n = 50$), cerdas primíparas que recibieron la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h posdestete y 50 μ g de GnRH al momento de la manifestación de celo.

Mediciones. Se registró el intervalo destete-celo (IDC), total de lechones nacidos (TLN), lechones nacidos vivos (LNV) y peso de la camada al nacimiento (PCN). Con base en el número de cerdas inseminadas y cerdas paridas se determinó la tasa de parto (TP).

Análisis estadístico. A los datos de IDC, TLN, LNV y PCN, se les aplicó a un análisis de varianza (ANOVA; $p \leq 0.05$), para un diseño completamente al azar; con el modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + (eCG + GnRH) + \varepsilon_{ij}$; donde Y_{ij} es la variable de respuesta, μ la media general, $eCG + GnRH$ es el efecto del i-ésimo nivel de $eCG + GnRH$, y ε_{ij} es el error experimental. A los datos de tasa de parto se les aplicó un análisis de Ji- cuadrada ($p \leq 0.05$), utilizando tabla de contingencia 2×2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del efecto de la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h posdestete en el IDC de las cerdas primíparas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica se muestra en el Cuadro 1. La aplicación de eCG disminuyó ($p = 0.03$) el IDC (129.41 vs. 218.54 h). La aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h posdestete y de 50 μ g de GnRH al momento de la manifestación de celo disminuyó ($p = 0.02$) la tasa de parto (66.66 vs. 81.25 %; Cuadro 2), en tanto que el tamaño y peso de la camada no fue modificada ($p > 0.05$) por el tratamiento (Cuadro 3). Durante el periodo experimental las cerdas estuvieron expuestas a una temperatura ambiental promedio 30.9 °C y una humedad relativa de 74.6 % (Cuadro 4; Estación meteorológica FB-UAS, 2019); lo que de acuerdo con [Mader et al. \(2006\)](#) estuvieron expuestas a un ITH de 83.4 puntos; la temperatura máxima promedio fue de 36.4 °C y mínima promedio de 25.3 °C (ITH de 75 a 92; alerta y emergencia fisiológica, respectivamente); lo que indica que las cerdas permanecieron,



durante la mayor parte del periodo experimental, en estado de peligro y emergencia fisiológica, derivado de la alta carga calórica a la que permanecieron expuestas durante el periodo de lactación. Se ha informado, que temperaturas superiores a 25 °C (Auvigne *et al.*, 2010), o que oscilen entre 30 °C y 39 °C se caracterizan por una reducción en la expresión del celo, tasa de gestación y supervivencia embrionaria (Omtvedt *et al.*, 1971). En general, la zona de confort térmico para las cerdas es de aproximadamente 18 a 20 °C (Peltoniemi *et al.*, 1999; Baker, 2004); sin embargo, la temperatura ambiental efectiva que un animal realmente experimenta está determinada por una combinación de varios factores (radiación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento) que influyen en la pérdida de calor por convección, conducción y radiación. El estrés por calor y los largos fotoperiodos durante la estación cálida (hasta 13.40 h) pueden causar una reducción en el consumo de alimento y un desequilibrio del eje hipotalámico-hipofisario-ovárico. La mayor variabilidad en el intervalo entre el inicio del celo y la ovulación da como resultado un mayor número de inseminaciones mal programadas. La actividad endocrina alterada compromete el desarrollo folicular y del cuerpo lúteo, reduce la calidad de los ovocitos y aumenta la mortalidad embrionaria (de Rensis *et al.*, 2017). Las manifestaciones de infertilidad estacional incluyen pubertad tardía (Peltoniemi *et al.*, 1999), intervalo destete-celo prolongado o irregular (Sterning *et al.*, 1990; Peltoniemi *et al.*, 1999), tasas de parto reducidas (Peltoniemi *et al.*, 1999; Tast *et al.*, 2002), anestro y tamaños de camada reducidos (Wegner *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Efecto de la administración de eCG 24 h posdestete en el intervalo destete celo de cerdas primerizas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica.

Variable	Tratamientos		EEM ¹	Valor de p
	Testigo	eCG ²		
Observaciones, n	50	50		
EGD ³ , mm	9.86	10.38	0.2819	0.30
IDC ⁴ , h	218.54	129.41	20.945	0.03

¹Error estándar de la media, ²Gonadotropina coriónica equina (Sincro eCG®), ³Espesor de grasa dorsal,

⁴Intervalo destete-celo.

Cuadro 2. Efecto de la administración de eCG y GNRH-Análogo, a cerdas primíparas destetadas en condiciones de alta carga calórica, en la tasa de parto.

Variable	Tratamientos		Valor de p
	Testigo	eCG ¹ + GnRH-A ²	
Cerdas servidas, n	48	48	
Cerdas falladas, n	9	16	
Cerdas paridas, n	39	32	
Tasa de parto, %	81.25	66.66	0.02

¹Gonadotropina coriónica equina (Sincro eCG®), ²Análogo de hormona liberadora de gonadotropinas (Sincroforte®).



Cuadro 3. Efecto de la administración de eCG y GNRH-Análogo, a cerdas primíparas destetadas baja condiciones de alta carga calórica, en el tamaño y peso de la camada al nacimiento.

Variable	Tratamientos		EEM ¹	Valor de p
	Testigo	eCG ² + GnRH-A ³		
Observaciones, n	39	32		
LNT ⁴ , n	11.45	11.94	0.4517	0.59
LNV ⁵ , n	10.57	11.10	0.4112	0.52
PCN ⁶ , kg	13.524	13.98	0.5412	0.67

¹Error estándar de la media, ²Gonadotropina coriónica equina (Sincro eCG®), ³Análogo de hormona liberadora de gonadotropinas (Sincroforte®), ⁴Total de lechones nacidos, ⁵Lechones nacidos vivos, ⁶Peso de la camada al nacimiento.

Cuadro 4. Índice de temperatura y humedad (ITH) al que estuvieron expuestos las cerdas durante el periodo cálido (01 de junio al 27 de septiembre de 2019).

Semana	HR Prom. (%)	Temp. Prom. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	ITH ¹ Prom.	ITH Máx.	ITH Mín.
1	76.34	27.90	32.92	23.00	79	87	71
2	73.50	30.05	35.75	24.31	82	91	73
3	59.01	30.91	37.85	23.92	81	91	71
4	57.13	31.97	38.62	25.28	82	91	73
5	66.03	32.15	37.54	26.70	84	92	76
6	64.51	32.84	38.35	26.63	85	93	76
7	72.12	32.24	38.0	26.42	85	94	76
8	76.40	30.58	36.28	24.85	83	92	74
9	75.10	32.84	38.01	27.64	87	95	78
10	80.61	30.38	35.38	25.35	84	92	76
11	78.34	31.71	37.57	25.78	85	95	76
12	79.06	30.71	35.72	25.64	84	92	76
13	81.10	30.57	35.25	25.85	84	92	76
14	82.28	29.50	34.52	24.50	82	91	74
15	80.97	30.35	35.51	25.14	84	92	75
16	83.99	30.32	36.27	24.35	84	94	74
17	81.76	29.91	35.05	24.71	83	91	75
Promedio	74.60	30.87	36.38	25.29	83.4	92	75

¹Índice de temperatura y humedad (ITH) = $0.8 \times \text{Temperatura ambiente} + [(\% \text{ humedad relativa} \div 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$. Rangos de ITH (normal ≤ 74 ; alerta >74 y <79 ; peligro ≥ 79 y <84 ; y emergencia ≥ 84).

En el presente estudio se observó que las cerdas utilizadas en el experimento tuvieron un IDC promedio de 174 h (7.25 d); las cerdas que recibieron la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG tuvieron un IDC de 129.41 h (5.39 d), en tanto que en las cerdas del



tratamiento testigo el IDC fue de 218.54 h (9.10 d); por lo que la administración de eCG redujo en 40.78 % el IDC en las cerdas primíparas destetadas bajo condiciones de alta carga calórica; estos resultados son similares a los reportados por [de Jong et al. \(2013\)](#), quienes observaron que las cerdas primíparas que recibieron la aplicación de 1000 UI de eCG tuvieron un IDC de 4.5 d. La reducción en el IDC obtenido en el presente estudio posiblemente se debió a que la eCG exhibe actividades similares a FSH, principalmente, y a LH; la LH estimula el crecimiento de folículos de 4 mm a tamaño preovulatorio ([Farmer y Papkoff, 1979](#)). Se ha sugerido la existencia de tres subgrupos entre los folículos antrales: gonadotropina-independientes (0.19 a 1.1. mm de diámetro), FSH dependientes (1.1 a 2 mm) y LH dependientes (mayores a 2 mm de diámetro; [Driancourt et al., 1995](#)). En las cerdas, las manifestaciones de infertilidad estacional incluyen una mayor duración y variabilidad del IDC e intervalo estro-ovulación (IEO) ([Peltoniemi & Virolainen, 2006](#)). [Lopes et al. \(2013\)](#) observaron que este problema involucraba a más del 17 % de las cerdas destetadas y la mayoría de estos animales no exhibían celo a los 14 días después del destete. La variación en el IDE e IEO puede estar relacionada con diferencias en el tamaño de los folículos al destete ([Lucy et al., 2001](#)). En este sentido, [Lopes et al. \(2013\)](#) proporcionaron evidencia de una fuerte relación negativa entre el diámetro de los folículos al destete y la duración del IDE e IEO. La infertilidad estacional se asocia principalmente con altas temperaturas ambientales que afectan negativamente el consumo de nutrientes durante la lactancia ([Peltoniemi & Virolainen, 2006](#)); ésta, se expresa con mayor frecuencia en cerdas jóvenes y primíparas que en cerdas mayores ([Bloemhof et al., 2013](#)). Se sabe que el bajo consumo de nutrientes durante la lactancia está relacionado con una reducción de la fertilidad de las cerdas ([Kirkwood et al., 1990](#)) y está asociada con un menor pico preovulatorio de LH en las cerdas ([Baidoo et al., 1992](#)), una secreción basal de LH más baja en cerdas jóvenes preñadas ([Peltoniemi et al., 1997](#)) y en cerdas multíparas ([Kirkwood et al., 1990](#)). Se ha sugerido que un menor pico preovulatorio de LH tiene un efecto adverso sobre la calidad de la luteinización de los folículos ovulados ([Aherne & Kirkwood, 1985](#)). Información más reciente, sugiere que el control central de la reproducción involucra péptidos de kisspeptina; las neuronas hipotalámicas de GnRH poseen receptores para estos péptidos, y la activación de los receptores de kisspeptina estimula la secreción de GnRH ([Clarke et al., 2015](#)). Se ha observado, que la ingesta de alimento restringida, además de aumentar la melatonina durante el verano, también atenúa la producción de kisspeptina ([Zhou et al., 2014](#)). Esto proporciona un mecanismo potencial para la modulación de la secreción de gonadotropina, ya que se ha demostrado que la melatonina elevada regula a la baja la expresión del gen KiSS-1 y, por lo tanto, la producción de kisspeptina ([Revel et al., 2007](#)). Además, el mal estado nutricional también se asocia con una mayor movilización de las reservas corporales de las cerdas, una mayor incidencia de anestro, bajas tasas de gestación y menores concentraciones



plasmáticas de leptina (de Rensis *et al.*, 2005). El vínculo potencial entre el estado nutricional y la función reproductiva es la actividad de la leptina en las neuronas Kiss-1 (Smith *et al.*, 2006). Lo anterior indica, que la secreción de kisspeptina ejerce control sobre la secreción de GnRH, con la consiguiente secreción de LH que afecta las funciones reproductivas, incluido el crecimiento del folículo y la posterior función del cuerpo lúteo; por lo que, es probable que la kisspeptina sea un factor importante involucrado en la infertilidad estacional. Además del impacto negativo en la secreción de gonadotropinas, el bajo consumo de nutrientes durante la lactancia tiene otros efectos endocrinos asociados con cambios en el estado metabólico que, a su vez, tendrán implicaciones para la función ovárica (de Rensis *et al.*, 2017). Estos cambios endocrinos incluyen el aumento de la hormona del crecimiento y el cortisol (Baidoo *et al.*, 1992), y este aumento de la hormona del crecimiento está relacionado con una menor actividad de la aromatasa de las células de la granulosa ovárica (Xu *et al.*, 1995).

La aplicación i.m. de 1000 UI de eCG a las 24 h posdestete y 50 µg de GnRH al momento de la manifestación de celo disminuyó la tasa de parto en 14.6 % (66.66 vs. 81.25 %); estos resultados difieren a los observados por Brüssow *et al.* (1996), quienes informaron que primíparas inyectadas con 50 µg de D-Phe6-LHRH (Gonavet®) 78-80 h después de la aplicación de 1000 IU de eCG e inseminadas artificialmente a las 24 y 40 horas después de la aplicación de GnRH, tuvieron mayores resultados de fertilidad en comparación con el uso de hCG para inducir la ovulación. Los resultados observados en el presente estudio se pudieron deber a que la aplicación de GnRH se realizó al momento de la detección del celo, a las 129.41 h y no a las 78 a 80 h. Sin embargo, se ha observado que las cerdas con folículos pequeños (< 5 mm de diámetro) al momento del tratamiento con GnRH-A responden mal, una condición más frecuente entre las cerdas destetadas en verano-otoño que en las destetadas en invierno-primavera (Lopes *et al.*, 2020); lo que sugiere, que la presencia de cerdas con folículos ováricos pequeños en el momento del tratamiento compromete la eficacia del agonista de GnRH para sincronizar la ovulación en las cerdas destetadas. Además, el tamaño del folículo al destete está relacionado con su tamaño en el momento de la ovulación (Lopes *et al.*, 2014). Este hecho afecta la calidad de los ovocitos ovulados, las tasas de fertilización y eventualmente el desarrollo de los embriones, como se ha evidenciado en vacas (Sá *et al.*, 2010). Además, los cuerpos lúteos resultantes de los folículos pequeños ovulados secretan menos progesterona, comprometiendo la función uterina y, por tanto, el desarrollo embrionario (Bertoldo *et al.*, 2011), lo que puede explicar el menor tamaño de camada en cerdas con folículos pequeños al destete o la menor tasa de gestación. Se ha sugerido, que las causas de los folículos ováricos pequeños al destete comenzarían en el posparto o inicio de la lactancia. La tasa metabólica durante la lactancia difiere entre cerdas con alimentación equitativa (Hultén *et al.*, 2002) y las cerdas con mayor pérdida de peso



durante la lactancia tienen intervalos más largos entre el destete y el estro (Hu *et al.*, 2019). La respuesta ovárica a las gonadotropinas posparto y durante la lactancia está regulada por la insulina y el factor similar a la insulina (IGF-I), y las cerdas metabólicamente comprometidas después del parto han reducido los niveles de insulina y de IGF-1 (Lucy, 2008), lo que tiene un efecto negativo en el desarrollo folicular ovárico (Costermans *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2020).

Se ha observado que la restricción alimentaria (3.25 vs. 6.5 kg/día) durante la lactancia en cerdas hiperprolíficas puede influir en el desarrollo de los folículos y la calidad de los ovocitos (Costermans *et al.*, 2020), y las cerdas con restricción de alimento tienen un tamaño de folículo más pequeño. Las cerdas primíparas utilizadas en el presente estudio tuvieron un bajo EGD al destete (10 a 12 mm). Se ha observado que una alta reserva de grasa dorsal después del destete es importante para la respuesta de inducción de la ovulación mediante la inyección de buserelina (un análogo de GnRH) (Pearodwong *et al.*, 2019); el EGD tiene una influencia mayor en las cerdas primíparas sobre el diámetro del folículo, el IDE y el IDO (Pearodwong *et al.*, 2020). Si bien, la administración de 1000 UI de eCG 24 h posdestete redujo el IDC (5.4 vs. 9.1 d), la administración de GnRH al momento del celo redujo la tasa de parto, posiblemente debido a la inducción de ovulación de un bajo número de folículos de tamaño ovulatorio y/o folículos pequeños de mala calidad que no mantuvieron el proceso de gestación. Pearodwong *et al.* (2019) sugirió, que el retraso en la ovulación después de la inyección de buserelina podría estar relacionado con un crecimiento deficiente de los folículos durante la lactancia, una mala calidad de los folículos al destete (p. ej., en cerdas con una condición corporal deficiente) o folículos que eran demasiado pequeños después del destete; además, indicaron que en la estación cálida, el tamaño folicular a las 24 h después de la inyección de buserelina se correlacionó negativamente con el IDE, intervalo inyección de GnRH-estro e intervalo inyección de GnRH-ovulación, lo que indicó que las cerdas con mayor tamaño folicular a las 24 h después de la inyección de buserelina tuvieron una duración más corta desde la inyección hasta el estro y la ovulación.

El efecto estacional sobre la reproducción de las cerdas se ha asociado con una esteroidogénesis folicular deficiente durante la estación cálida (Bertoldo *et al.*, 2011). Esto, a su vez, puede estar relacionado con una disminución del apetito en la estación calurosa que resulta en una mayor pérdida de peso durante la lactancia (Gourdine *et al.*, 2004). Pearodwong *et al.* (2019) observaron que el porcentaje de cerdas que ovularon entre 32 y 56 horas después de la inyección de buserelina fue mayor en la estación fría (75 %) que en la cálida (48 %). Esto indica que las altas temperaturas y la alta humedad durante la estación cálida tienen un efecto sobre el tratamiento con GnRH. Las razones podrían deberse al efecto directo del estrés por calor sobre la función hipotálamo/pituitaria o que el clima cálido y/o húmedo comprometiera el crecimiento folicular en cerdas



posdestete. [Lopes et al. \(2014\)](#) observaron que los folículos de las cerdas alcanzaban el tamaño preovulatorio más tarde en la estación cálida que en la estación fría. [Koketsu et al. \(1998\)](#) observaron que un mayor consumo diario de alimento durante la lactancia se asoció con mayores concentraciones de insulina y glucosa, mayor frecuencia del pulso de LH antes del destete y un intervalo más corto entre parto y estro de las cerdas. [Johnston et al. \(1999\)](#) observaron que las cerdas redujeron el consumo de alimento durante la lactancia cuando estuvieron en un ambiente con una temperatura media de 29.2 °C en comparación aquellas con un entorno con temperatura media de 20.4 °C. (4.19 vs. 6.38 kg/día), redujo el peso al destete de las cerdas. (176.2 vs. 193.6 kg) y redujo el porcentaje de cerdas que presentaron estro al día 15 posdestete (79.2 vs. 93.4 %). [Gourdine et al. \(2006\)](#) también observaron que las cerdas lactantes redujeron el consumo de alimento (-700 g/d), tuvieron una mayor pérdida de peso corporal (17 vs. 12 kg), y una menor tasa de crecimiento en sus lechones (197 vs. 210 g/d) cuando estuvieron en un entorno con una temperatura media 26.0 °C en comparación con aquellas que estuvieron en un ambiente con una temperatura media 23.8 °C. Durante el periodo de tiempo que duró el presente estudio las cerdas estuvieron sujetas a una temperatura ambiente con 30.9 °C y una humedad relativa de 74.6 % (ITH = 83.4; que indica un nivel de estrés en peligro fisiológico). Bajo estas condiciones ambientales las cerdas reducen el consumo de alimento y aumenta la proporción de cerdas con pérdida excesiva de grasa dorsal durante la lactancia (el promedio de grasa dorsal de las cerdas en estudio fue de 10 mm), lo que posteriormente puede causar una frecuencia de pulso de LH deficiente y concentraciones bajas de insulina y glucosa al destete. Por tanto, el crecimiento folicular tras el destete en estas cerdas pudo verse comprometido. [Costermans et al. \(2019\)](#) observaron que una mayor pérdida de peso durante la lactancia también estaba relacionada con un menor porcentaje de complejo cúmulo-ovocito sano. Estos hallazgos indican que la estación o los factores climáticos pueden influir en la ingesta de alimento y la pérdida de peso corporal de las cerdas durante la lactancia y, por lo tanto, tienen un impacto significativo en la respuesta de las cerdas al tratamiento con GnRH. En el presente estudio, las cerdas que no recibieron la aplicación de eCG tuvieron un intervalo destete-estro prolongado (9.1 d), lo que significa que tuvieron alrededor de 4 d más para recuperar condición corporal y tener un mayor desarrollo folicular, lo que se pudo traducir en una mayor tasa de parto. Lo que sugiere que, si bien la administración de eCG 24 h después del destete puede inducir el desarrollo folicular e inducir el estro por un incremento en los niveles de estrógenos circulantes, la calidad de los folículos ovulados no garantizó una gestación exitosa en cerdas primíparas metabólicamente comprometidas bajo condiciones de estrés calórico.

Los resultados indican que la aplicación i.m. de 1000 UI de eCG 24 h posdestete, a cerdas primíparas destetadas, es una herramienta útil para disminuir el intervalo destete celo;



pero su administración combinada con 50 µg de GnRH al momento de la manifestación de celo disminuye la tasa de parto en cerdas primíparas destetadas con bajo espesor de grasa dorsal y en condiciones de alta carga calórica ambiental.

LITERATURA CITADA

AHERNE FX, Kirkwood RN. 1985. Nutrition and sow prolificacy. *Journal of Reproduction and Fertility*. (Suppl. 33):169-183.

https://www.researchgate.net/publication/19250763_Nutrition_and_sow_prolificacy

AUVIGNE V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi O, Salle E. 2010. Seasonal infertility in sows: a five-year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. *Theriogenology*. 74:60-66. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019>

BAIDOO SK, Aherne FX, Kirkwood RN, Foxcroft GR. 1992. Effect of feed intake during lactation and after weaning on sow reproductive performance. *Canadian Journal of Animal Science*. 72(4):911-917. <https://doi.org/10.4141/cjas92-103>

BAKER JE. 2004. Effective environmental temperature. *Journal of Swine Health and Production*. 12:140-143.

<https://www.aasv.org/shap/issues/v12n3/v12n3ptip.html#:~:text=The%20temperature%20the%20animal%20experiences,convection%2C%20conduction%2C%20and%20radiation.>

BERTOLDO MJ, Holyoake PK, Evans G, Grupen CG. 2011. Seasonal effects on oocyte developmental competence in sows experiencing pregnancy loss. *Animal Reproduction Science*. 124:104–111. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.012>

BLOEMHOF S, Mathur PK, Knol EF, van der Waaij EH. 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of Animal Science*. 91:2667-2679. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5902>

BRÜSSOW K P, Schneider F, Kanitz W, Rátky J, Kauffold J, Wähner M. 2009. Studies on fixed-time ovulation induction in the pig. *Society of Reproduction and Fertility supplement*. 66:187–195. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19848281/>

BRÜSSOW KP, Jöchle W, Hühn U. 1996. Control of ovulation with a GnRH analog in gilts and sows. *Theriogenology*. 46:925–934. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(96\)00258-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(96)00258-0)



CLARKE H, Dhillo WS, Jayasena CN. 2015. Comprehensive review on kisspeptin and its role in reproductive disorders. *Endocrinology and Metabolism*. 30:124-141. <https://doi.org/10.3803/EnM.2015.30.2.124>

COSTERMANS N, Teerds KJ, Middelkoop A, Roelen B, Schoevers EJ, van Tol H, Laurensen B, Koopmanschap RE, Zhao Y, Blokland M, van Tricht F, Zak L, Keijer J, Kemp B, Soede NM. 2019. Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. *Biology of Reproduction*. 102(2):388–398. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioz175>

COSTERMANS NGJ, Teerds KJ, Middelkoop U, Roelen BAJ, Schoevers EJ, van Tol HTA, Laurensen B, Koopmanschap RE, Zhao Y, Blokland M, van Tricht F, Zak L, Keijer J, Kemp B, Soede NM. 2020. Consequences of negative energy balance on follicular development and oocyte quality in primiparous sows. *Biology of Reproduction*. 102(2): 388–398. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioz175>

DE JONG E, Kauffold J, Engl S, Jourquin J, Maes D. 2013. Effect of a GnRH analogue (Maprelin) on the reproductive performance of gilts and sows. *Theriogenology*. 80:870–7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.012>

DE RENSIS F, Gherpelli M, Superchi P, Martelli P, Kirkwood RN. 2005. Relationship between backfat depth and plasma leptin during lactation and sow reproductive performance after weaning. *Animal Reproduction Science*. 90:95-100. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.01.017>

DE RENSIS F, Ziecik AJ, Kirkwood RN. 2017. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications, and treatments. *Theriogenology*. 96:111-117. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.004>

DRIANCOURT MA, Locatelli A, Prunier A. 1995. Effects of gonadotrophin deprivation on follicular growth in gilts. *Reproduction Nutrition Development*. 35(6):663-73. <https://doi.org/10.1051/rnd:19950606>

FARMER SW, Papkoff H. 1979. Immunochemical studies with pregnant mare serum gonadotropin. *Biology of Reproduction*. 21:425–31. <https://doi.org/10.1095/biolreprod21.2.425>



GARCÍA E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª ed. México D.F. Pp. 91. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>

GOURDINE JL, Bidanel JP, Noblet J, Renaudeau D. 2006. Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate. *Journal of Animal Science*. 84(2):360–369. <https://doi.org/10.2527/2006.842360x>

GOURDINE JL, Renaudeau D, Noblet J, Bidanel JP. 2004. Effects of season and parity on performance of lactating sows in a tropical climate. *Animal Science*. 79:273–282. <https://doi.org/10.1017/S1357729800090135>

GUTHRIE HD, Bolt DJ, Cooper BS. 1990. Effects of gonadotropin treatment on ovarian follicle growth and granulosa cell aromatase activity in prepuberal gilts. *Journal of Animal Science*. 68:3719–3726. <https://doi.org/10.2527/1990.68113719x>

HAN T, Björkman S, Soede NM, Oliviero C, Peltoniemi OAT. 2020. IGF-1 concentration patterns and their relationship with follicle development after weaning in young sows fed different pre-mating diets. *Animal*. 1–9. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000063>

HU P, Yang H, Lv B, Zhao D, Wang J, Zhu W. 2019. Dynamic changes of fatty acids and minerals in sow milk during lactation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 103:603–611. <https://doi.org/10.1111/jpn.13040>

LUCY MC. 2008. Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: Implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reproduction in Domestic Animals*. 43 (Suppl. 2):31–39. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01140.x>

HULTÉN F, Valros A, Rundgren M, Einarsson S. 2002. Reproductive endocrinology and postweaning performance in the multiparous sow. Part 1. Influence of metabolic status during lactation. *Theriogenology*. 58:1503–1517. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(02\)01059-2](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(02)01059-2)

INEGI. 2009. Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. <https://estadisticas.sinaloa.gob.mx/documentos/AnuarioEstad%C3%ADsticoSinaloa2009.pdf>



JOHNSTON LJ, Ellis M, Libal GW, Mayrose VB, Weldon WC, and NCR-89 Committee on Swine Management. 1999. Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows. *Journal of Animal Science*. 77:1638–1644. <https://doi.org/10.2527/1999.7771638x>

KIRKWOOD RN, Baidoo SK, Aherne FX. 1990. The influence of feeding level during lactation and gestation on the endocrine status and reproductive performance of second parity sows. *Canadian Journal of Animal Science*. 70:1119-1126.
<https://doi.org/10.4141/cjas90-135>

KIRKWOOD RN, Kauffold J. 2015. Advances in breeding management and use of ovulation induction for fixed-time AI. *Reproduction in Domestic Animals*. 50:85–89.
<https://doi.org/10.1111/rda.12524>

KOKETSU Y, Dial GD, Pettigrew JE, Xue J, Yang H, Lucia T. 1998. Influence of lactation length and feed intake on reproductive performance and blood concentrations of glucose, insulin and luteinizing hormone in primiparous sows. *Animal Reproduction Science*. 52:153–163. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00093-1)

LOPES TP, Padilla L, Bolarin A, Rodriguez-Martinez H, Roca J. 2020. Ovarian Follicle Growth during Lactation Determines the Reproductive Performance of Weaned Sows. *Animals*. 10:1012; <https://doi.org/10.3390/ani10061012>

LOPES TP, Sanchez-Osorio J, Bolarin A, Martinez EA, Roca J. 2013. Relevance of ovarian follicular development to the seasonal impairment of fertility in weaned sows. *The Veterinary Journal*. 199:382-386. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.11.026>

LOPES TP, Sanchez-Osorio J, Bolarin A, Martinez EA, Roca J. 2014. Relevance of ovarian follicular development to the seasonal impairment of fertility in weaned sows. *The Veterinary Journal*. 199:382–386. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.11.026>

LUCY MC, J Liu, K Boyd, CJ Bracken. 2001. Ovarian follicular growth in sows. *Reproduction*. 58 (Supl.):31–45.
<https://www.bioscioproceedings.org/bp/0016/pdf/bp0016cpr3.pdf>



MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84:712-719. ISSN: 0021-8812; <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub>

OMTVEDT IT, Nelson RE, Edwards RL, Stephens DF, Turman EJ. 1971. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. *Journal of Animal Science*. 32:312-317. <https://doi.org/10.2527/jas1971.322312x>

PEARODWONG P, Tretipskul C, Nicoline M. Soede NM, Tummaruk P. 2019. Factors affecting estrus and ovulation time in weaned sows with induced ovulation by GnRH administration in different seasons. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 81(11):1567–1574. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0429>

PEARODWONG P, Tretipskul C, Panyathong R, Tummaruk P. 2020. Factors influencing pre-ovulatory follicle diameter and weaning-to-ovulation interval in spontaneously ovulating sows in tropical environment. *Reproduction in Domestic Animals*. 55:1756–1763. <https://doi.org/10.1111/rda.13836>

PELTONIEMI OA, Heinonen M, Leppävuori A, Love RJ. 1999. Seasonal effects on reproduction in the domestic sow in Finlandia herd record study. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 40:133-144.
https://www.researchgate.net/publication/12696599_Seasonal_Effects_on_Reproduction_in_the_Domestic_Sow_in_Finland_-_A_Herd_Record_Study

PELTONIEMI OA, Love RJ, Klupiec C, Evans G. 1997. Effect of feed restriction and season on LH and prolactin secretion, adrenal response, insulin and FFA in group housed pregnant gilts. *Animal Reproduction Science*. 49:179-190.
[https://doi.org/10.1016/S03784320\(97\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S03784320(97)00062-6)

PELTONIEMI OA, Virolainen JV. 2006. Seasonality of reproduction in gilts and sows. *Society for Reproduction and Fertility*.; (Suppl. 62):205-218.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16866319/>

REVEL FG, Ansel L, Klosen P, Saboureau M, Pevet P, Mikkelsen JD, Simonneaux V. 2007. Kisspeptin: a key link to seasonal breeding. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 8:57- 65. <https://doi.org/10.1007/s11154-007-9031-7>



SÁ FMF, Crespilho AM, Santos JEP, Perry GA, Baruselli PS. 2010. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*. 120:23–30.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>

SCHLEGEL W, Krebs R, Stenzel S, Wähner M. 1978. Effect of various injection times in ovulation stimulation in gilts following previous biotechnical puberty induction. *Arch Exp Veterinarmed*. 32(6):863-867. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/571265/>

SMITH JT, Acohido BV, Clifton DK, Steiner RA. 2006. KiSS-1 neurones are direct targets for leptin in the ob/ob mouse. *Journal of Neuroendocrinology*. 18:298-303.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2006.01417.x>

SOEDE NM, Langendijk P, Kemp B. 2011. Reproductive cycles in pigs. *Animal Reproduction Science*. 124:251–258. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.025>

STERNING M, Rydhmer L, Eliasson L, Einarsson S, Anderson K. A. 1990. Study on primiparous sows of the ability to show standing oestrus and to ovulate after weaning. Influences of loss of body weight and back fat during lactation and of litter size, litter weight gain and season. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 31:227-236.

https://www.researchgate.net/publication/20894589_A_study_on_primiparous_sows_of_the_ability_to_show_standing_oestrus_and_to_ovulate_after_weaning_Influences_of_loss_of_body_weight_and_backfat_during_lactation_and_of_litter_size_litter_weight_gain_an

TAST A, Peltoniemi OA, Virolainen JV, Love RJ. 2002. Early disruption of pregnancy as a manifestation of seasonal infertility in pigs. *Animal Reproduction Science*. 74:75-86.

[https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00167-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00167-7)

WEGNER K, Lambertz C, Das G, Reiner G, Gauly M. 2016. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Animal Science Journal*. 87: 1334-1339.

<https://doi.org/10.1111/asj.12569>



XU Y, Thacker PA, Kirkwood RN, Rajkumar K. 1995. Effects of metabolic hormones and growth factors on forskolin and dibutyryl adenosine 30,50-cyclic monophosphate induced steroidogenic responses by porcine granulosa cells in vitro. *Canadian Journal of Animal Science*. 75:85-91. <https://cdnscepub.com/doi/pdf/10.4141/cjas95-011>

ZHOU D, Zhuo Y, Che L, Lin Y, Fang Z, Wu D. 2014. Nutrient restriction induces failure of reproductive function and molecular changes in hypothalamus-pituitary-gonadal axis in postpubertal gilts. *Molecular Biology Reports*. 41:4733-4742.
<https://doi.org/10.1007/s11033-014-3344-x>



Abanico Boletín Técnico. Enero-Diciembre, 2024; 3:1-7.
Artículo Original. e2024-28.

Efecto del nopal fermentado en la concentración de metano *in vitro*

Effect of fermented nopal on *in vitro* methane concentration

Esperanza Herrera-Torres¹ , Gerardo Pámanes-Carrasco² , Esther Araiza-Rosales³ , Alberto Muro-Reyes⁴ , Daniel Sierra-Franco⁵

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, México. ²CONAHCYT-Instituto Silvicultura y la Madera-UJED, México. ³CONAHCYT-Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, México. ⁴CONAHCYT-Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Salto. México. ⁵Universidad Autónoma de Zacatecas-Facultad de Zootecnia. México. *Autor responsable: Esperanza Herrera Torres. *Autor por correspondencia Daniel Sierra Franco, Carretera Durango-Mezquitil km 11.5 Durango, Durango, México. E-mail: heto99@yahoo.com.mx, gerardo.pamanes@gmail.com, e_arai2020@hotmail.com, dan_1015@hotmail.com, amuro@uaz.edu.mx

Resumen

La fermentación en estado sólido se ha utilizado para incrementar la calidad nutricional del nopal forrajero para su uso integral en la alimentación de ganado bovino en agostadero o confinamiento. No obstante, la información de los efectos del uso de esta tecnología en la producción de metano ruminal es limitado. De esta manera, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido (SSF) de pencas de nopal con cultivos de levaduras en la producción de metano y parámetros de fermentación ruminal *in vitro*. Tres tratamientos experimentales fueron evaluados: nopal (N) como testigo; nopal pretratado con cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (N+SC); y pencas de nopal pretratado con cepas de *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 (N+KM). Los tratamientos fueron fermentados en líquido ruminal y se midieron los parámetros de la fermentación ruminal y la producción de metano. Los resultados obtenidos muestran que el N+KM incrementó la producción de propionato y disminuyó las producciones de metano y CO₂ ($p < 0.05$). Por lo que se concluye que el nopal pretratado con cultivos de *Kluyveromyces marxianus* contribuye a la reducción de la síntesis de metano ruminal *in vitro* en un 22%.

Palabras clave: Alimentación animal no convencional, cinéticas de producción de gas, cultivos de levaduras.

Abstract

Solid state fermentation has been used to increase the nutritional value of prickly pear cactus in order to be used as feedstuff in cattle feeding in both extensive or intensive feeding systems. Nevertheless, information of effects of these feedstuffs in ruminal methane production is limited. Therefore, this investigation aimed to evaluate the effect of solid state fermentation (SSF) of prickly pear cactus with yeast cultures on *in vitro* ruminal methane production and fermentation patterns. Three experimental treatments were evaluated: prickly pear cactus (N); prickly pear cactus pretreated with *Saccharomyces cerevisiae* cultures (N+SC); and prickly pear cactus pretreated with *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 cultures (N+KM). All treatments were fermented in ruminal liquor and ruminal fermentation patterns and methane production were measured. Results show that N+KM increased propionate production and reduced methane and CO₂ productions ($p < 0.05$). Therefore, it is concluded that SSF of prickly pear cactus with *K. Marxianus* reduces *in vitro* methane production.

Keywords: Non-conventional feedstuffs, gas production kinetics, yeast cultures.



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el norte de México se ha presentado un aumento en la temporada de sequía debido a los efectos del cambio climático, el cual es ocasionado por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. La actividad ganadera contribuye a las emisiones de GEI aportando casi el 30% del total de las emisiones antropogénicas de metano a la atmósfera, mientras que en México aporta el 50% (Hernández-Medrano, 2018). Algunos investigadores han propuesto diferentes alternativas que mitiguen la emisión de GEI, proponiendo diferentes fuentes alimenticias como lo hizo Herrera *et al.*, (2022). De aquí surge el nopal como una alternativa alimenticia durante la época de estiaje. Cabe mencionar que, el nopal es una fuente natural que puede ayudar a aliviar la falta de acceso al agua para el ganado y que es eficiente en el uso del agua en comparación con otros cultivos anuales. Además, contiene un alto contenido de carbohidratos y calcio, y puede convertir agua en materia seca y energía digestible, característica deseable por los ganaderos (Flores & Reveles, 2010). Sin embargo, su bajo contenido de proteínas (aproximadamente 4%, MS) limita el uso del nopal como fuente de nutrientes en la alimentación animal. Para solventar esta deficiencia se propone que a través de la fermentación en estado sólido (FES) se incremente el contenido de proteína. Esta biotecnología utiliza la proliferación de cultivos de levadura como *Saccharomyces cerevisiae* (Herrera *et al.*, 2017). Por lo anterior, se propone evaluar dos tipos de levaduras; 1) *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus* en la FES de nopal a diferentes horas de incubación sobre los parámetros de fermentación y producción de metano *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fermentación en estado sólido (FES)

Las pencas de nopal fueron cortadas en pequeñas piezas utilizando un cuchillo de acero inoxidable, de las cuales se pesaron 250 g y colocadas en matraces erlenmeyer de 250 ml de plástico en donde fueron inoculadas con *Sacharomyces cerevisiae* al 1% m/m y con 1×10^9 células de *K. marxianus*. El proceso de fermentación fue llevado a cabo por 48 h y 144 h respectivamente a 28°C.

Producción de metano y parámetros de fermentación ruminal

Aproximadamente 1 g (MS) de cada tratamiento experimental se colocó en módulos de vidrio equipados con transductores electrónicos para medir la presión según los procedimientos del fabricante (ANKOM, EE. UU.) y se incubó por triplicado con soluciones tampón e inóculo ruminal en una proporción 2:1, según Theodorou *et al.* (1994) durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo, se abrió la válvula de liberación de presión de los módulos y se midieron las composiciones de metano y CO₂ del gas



liberado según los procedimientos propuestos por González-Arreola *et al.* (2019) utilizando el analizador de gases portátil GEM5000 (Landtec, EE. UU.). Posteriormente, los módulos de vidrio se abrieron completamente y se midió el pH inmediatamente; posteriormente, una alícuota de líquido ruminal de cada proceso de fermentación se utilizó para análisis posteriores de ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno-amoniaco (N-NH_3) según los procedimientos propuestos por Galyean (2010).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM del SAS (2009) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey, declarando diferencias significativas cuando $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de fermentación ruminal, AGV, producción de metano y CO_2 después de 24 h de fermentación se presentan en la Tabla 1. Como se observó, no hubo cambios en el pH entre tratamientos ($p = 0.6799$). Sin embargo, el nitrógeno amoniacal aumentó con nopal+SC y nopal+KM ($p = 0.0441$). Las concentraciones de ácidos acético, propiónico y butírico, así como de ácidos grasos volátiles totales (AGTV) son similares en nopal+KM en comparación con el nopal ($p > 0.05$). Sin embargo, se observa una reducción en ácido acético y AGTV en nopal+SC en comparación con el nopal ($p = 0.0001$). Además, los ácidos propiónico y butírico aumentaron con nopal+SC ($p < 0.05$). Por su parte, la producción de metano y CO_2 disminuyó 23 y 29%, respectivamente con nopal+KM ($p = 0.0001$). Por el contrario, nopal+SC presentó valores similares a los obtenidos con nopal ($p > 0.05$). De lo contrario, la relación $\text{CO}_2:\text{CH}_4$ indica que nopal+KM quedan 8.3 mL por cada 1 mL de metano producido; mientras que el CO_2 remanente en nopal y nopal+SC es de 7.8 y 7.6 por mL de metano producido, respectivamente.

Asimismo, no hubo cambios en el pH por efecto de la presencia de cultivos de levadura en nopal+SC y nopal+KM. Sin embargo, de acuerdo con Hristov y Jouany (2005), los cambios observados en el nitrógeno amoniacal entre los tratamientos experimentales se atribuyen a una mayor proteólisis que está directamente relacionado con mayores contenidos de proteínas. Estos resultados concuerdan con los reportados por Herrera *et al.* (2017). También, una reducción de nitrógeno-amoniaco en nopal+KM podría ser atribuible al consumo de amoniaco como fuente de nitrógeno en la producción de biomasa de *K. marxianus*, lo que no fue posible con *S. cerevisiae* (Löser *et al.*, 2015). Además, el pretratamiento con cultivos de *S. cerevisiae* en nopal+SC favorece un mejor aprovechamiento energético debido a una reducción de la concentración de ácido acético y una mayor producción de ácido propiónico. De hecho, una reducción en la relación A:P respalda esta teoría. Sin embargo, estos cambios se observaron en proporciones



individuales; los AGVT se redujeron con nopal+SC, mientras que nopal+KM presentó una producción en AGVT similar a la obtenida en el control (nopalm). Este efecto sugiere que nopal+SC inhibe de alguna manera la producción de AGV.

Tabla 1. Parámetros de fermentación y producción de metano ruminal *in vitro* de los tratamientos experimentales

Parámetros	Nopal	Nopal+SC	Nopal+KM	EEM	p
pH	6.95±0.015	6.96±0.005	6.99±0.005	0.009	0.6799
N-NH ₃	4.56±0.556 ^b	6.71±0.574 ^a	5.41±0.272 ^{a,b}	0.487	0.0441
Ácido acético (%)	52.0±0.02 ^a	47.5±0.10 ^b	53.7±1.07 ^a	0.61	0.0001
Ácido propionico (%)	30.8±0.08 ^b	33.3±0.36 ^a	28.7±0.59 ^b	0.40	0.0110
Ácido butírico (%)	12.7±0.11 ^b	14.2±0.12 ^a	12.4±0.29 ^b	0.19	0.0182
AGVT (mM)	94.8±1.09 ^{a,b}	84.3±1.85 ^b	111.3±4.72 ^a	2.99	0.0148
A:P ratio	1.6±0.00 ^{a,b}	1.4±0.01 ^b	1.8±0.07 ^a	0.04	0.0001
Metano (mL/g)	19.2±0.5383 ^a	19.0±0.086 ^a	14.82±0.146 ^b	0.32	0.0001
CO ₂ (mL/g)	151.3±2.24 ^a	145.6±0.86 ^a	123.18±1.10 ^b	1.52	0.0001
CO ₂ :CH ₄ ratio	7.8±0.10 ^{a,b}	7.6±0.01 ^b	8.31±0.15 ^a	0.10	0.0009

^{abc} Medias con diferente literal entre líneas son diferentes (p<0.05). N-NH₃= nitrógeno amoniacal, AGVT=Ácidos grasos volátiles totales, EEM= error estándar entre la diferencia de medias.

Por otro lado, la reducción en la síntesis de metano en nopal+KM no debe relacionarse con una reducción en la producción total de gas ya que el nopal y nopal+KM presentaron valores similares. Además, existen estudios previos que afirman que los aumentos en la producción de propionato afectan directamente la síntesis de metano en la fermentación ruminal, ya que la síntesis de ambos compuestos son sumideros naturales de iones de hidrógeno (Ferraro *et al.*, 2009). Sin embargo, este efecto no se observa con nopal+KM. Por lo demás, la producción de ácido propiónico fue menor que la producida con nopal+SC que con el nopal fermentado con *K. marxianus*. De hecho, las células de *K. marxianus* presentan la capacidad de utilizar urea y amoníaco como fuentes de nitrógeno para su crecimiento. Sin embargo, se necesita un proceso de dos pasos en presencia de hidrógeno para metabolizar la urea (Löser *et al.*, 2015). Debido a esto último, los compuestos considerados como sumideros de hidrógeno en el rumen se verían



afectados. De esta forma se reduciría el ácido propiónico y el metano ya que hay menos iones de hidrógeno disponibles para su síntesis debido a la metabolización de la urea. Además, investigaciones anteriores han demostrado que la viabilidad de las células de *S. cerevisiae* se ve afectada por la presencia de CO₂; esta afección no se observa en las células de *K. marxianus* (Isenschmid *et al.*, 1995). Esta variable indica el volumen (mL) de CO₂ remanente por cada mL de metano producido; cuanto mayor sea el valor de esta variable, menor será la producción de metano a través de la vía de reducción de CO₂ (Murillo *et al.*, 2018). Por lo tanto, esto último es muy deseable cuando se prueban forrajes sostenibles alternativos como alimentos que puedan contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases en el ganado.

CONCLUSIONES

El proceso de fermentación de nopal tanto con *S. cerevisiae* como con *K. marxianus* mejoraron sus características nutricionales como es un aumento en las concentraciones de nitrógeno amoniacal y ácido propiónico. No obstante, *K. Marxianus* reduce la producción de metano ruminal in vitro 22%, lo cual justifica continuar con estudios que permitan evaluar completamente su uso en la alimentación de ganado bovino.

LITERATURA CITADA

AOAC. Official Methods of Analysis. 1997. Association of Official Analytical Chemists International. 16th ed. Virginia, USA. Pp. 69-83.

<https://search.worldcat.org/es/title/Official-methods-of-analysis-of-AOAC-International/oclc/47401501>

Ferraro SM, Mendoza GD, Miranda LA, Gutierrez CG. 2009. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*. 154 (1-2): 112-118.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840109002338>

Flores OM, Reveles HM. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. VIII Symposium Taller Nacional y 1er Internacional Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey, Nuevo León, México, Nov. 2010; RESPYN, Nuevo León, México. 5:198- 2010.

https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/Tuna/15-nopal_forrajero.pdf

Galyean ML. 2010. Laboratory Procedures for Animal Nutrition Research. 14th ed. Texas Tech University: Lubbock, Texas.

https://www.depts.ttu.edu/agriculturalsciences/vetSciences/mgalyean/lab_man.pdf



González-Arreola A, Murillo-Ortiz M, Pámanes- Carrasco GA, Reveles-Saucedo F, Herrera-Torres E. 2019. Nutritive quality and gas production of corn silage with the addition of fresh and fermented prickly pear cladodes. *Journal of Animal & Plant Science*. 40:6544-6553.

https://www.researchgate.net/publication/338631918_Nutritive_quality_and_gas_production_of_corn_silage_with_the_addition_of_fresh_and_fermented_prickly_pear_cladodes

Hernández-Medrano JH. 2018. El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?. *Agroproductividad*. 11(2): 46-51

https://www.researchgate.net/profile/Juan-Hernandez-Medrano/publication/323946441_EL_METANO_Y_LA_GANADERIA_BOVINA_EN_MEXICO_PARTE_DE_LA_SOLUCION_Y_NO_DEL_PROBLEMA/links/5ab42768aca272171003cb7c/EL-METANO-Y-LA-GANADERIA-BOVINA-EN-MEXICO-PARTE-DE-LA-SOLUCION-Y-NO-DEL-PROBLEMA.pdf

Herrera TE, Murillo M, Berumen L, Páez JB, Villarreal G. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(1):33-40.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000100004

Herrera TE, Murillo M, Berumen L, Soto ON, Páez J. 2017. Protein enrichment of *Opuntia ficus-indica* using *Kluyveromyces marxianus* in solid-state fermentation. *Ciencia e Investigación Agraria*. 44(2): 113-1240.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-16202017000200113&script=sci_abstract

Isenschmid A, Marison IVW, von Stockar U. 1995. The influence of pressure and temperature of compressed CO₂ on the survival of yeast cells. *Journal of Biotechnology*. 39(3):229-237.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016816569500018L?via%3Dihub>

Löser CT, Urit E, Gruner T. 2015. Efficient growth of *Kluyveromyces marxianus* biomass used as a biocatalyst in the sustainable production of ethyl acetate. *Energy, Sustainable Society*. 5: 2-15.

<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-014-0028-2>



Murillo-Ortiz M, Herrera-Torres E, Corral-Luna A, Pámanes-Carrasco G. 2018. Effect of inclusion of graded level of water hyacinth on in vitro gas production kinetics and chemical composition of alfalfa hay based beef cattle diets. *Indian Journal of Animal Research*. 52(8):1298-1303.

<https://www.arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/B-435>

Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J. 1994. A simple gas production method a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48:185-197.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840194901716>



Abanico Boletín Técnico. Enero-Diciembre, 2024; 3:1-9.

Artículo Original. e2024-29.

Coberturas en control de malezas en cultivo de agave en los Altos de Jalisco

Weed control coverage in Agave cultivation in the Altos of Jalisco, México

Martha García-Ocaña¹, Susana Ramírez-Sánchez ^{*2 ID}, Javier Ireta-Moreno^{2 ID}, Silvia Rodríguez-Navarro^{1 ID}, Luis Tamayo-Esquer³, Luis Arispe-Vazquez ^{4 ID}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Centro Altos de Jalisco, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Norman Borlaug, Sonora, México. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Iguala, Guerrero, México. *Autor responsable y por correspondencia Susana Elizabeth Ramírez Sánchez, Av. Biodiversidad 2470 Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. E-mail: elyras@hotmail.com, ramirez.susana@inifap.gob.mx, moreno.javier@inifap.gob.mx, marthaga72@gmail.com

Resumen

La importancia del Agave radica en la utilización de su piña para elaboración de Tequila, bebida tradicional mexicana, sin embargo, el manejo agronómico proporcionado al cultivo resulta agresivo al suelo y al cultivo, ya que, en cuestión de manejo de malezas, no existe un herbicida diseñado expresamente para agave, debido a ello se usan aquellos a los que el agave es tolerante. Los suelos se mantienen desnudos, erosionándose y los herbicidas utilizados son residuales, entonces otros cultivos después del agave, es complicado que se establezcan. El objetivo es evaluar el uso de diferentes coberturas en el control de maleza en cultivo de agave. Para ello se utilizaron esquilmos de maíz a dos profundidades (10 y 15 cm) y malla cubre suelo. Estas fueron colocadas en parcelas (10 agaves) con área de 30 m² (3 m de ancho x 10 de largo), se evaluó el porcentaje visual de la maleza emergida y el tamaño de la planta de agave, así como el número de hojas desprendidas. No hay diferencia significativa entre coberteras, todos controlan la maleza en cierto grado, la malla es la que mejor controla, sin el riesgo de ser dispersada por el viento o por el agua. Tampoco hubo diferencias de tamaño a este punto de la investigación.

Palabras clave: Manejo de maleza, malla cubre suelo, Esquilmos de maíz, Agave.

Abstract

The importance of Agave lies in the use of its pineapple to make Tequila, a traditional Mexican drink, however, the agronomic management provided to the crop is aggressive to the soil and the crop, since, in terms of weed management, there is no herbicide specifically designed for agave, therefore those to which the agave is tolerant are used. The soils remain bare, eroding and the herbicides used are residual, so other crops after the agave are difficult to establish. The objective is to evaluate the use of different coverages in weed control in agave crops. For this purpose, corn shears at two depths (10 and 15 cm) and soil cover mesh were used. These were placed in plots (10 agaves) with an area of 30 m² (3 m wide x 10 long), the visual percentage of the emerged weeds and the size of the agave plant, as well as the number of detached leaves, were evaluated. There is no significant difference between covers, they all control weeds to some degree, the mesh controls the best, without the risk of being dispersed by wind or water. There were also no differences in size at this point in the investigation.

Keywords: Weed management, Ground cover, Corn husk, Agave.



INTRODUCCIÓN

El agave azul (*Agave tequilana* F.A.C Weber) se utiliza en México principalmente en la producción del tequila que se obtiene a partir de la piña de este, económicamente, el cultivo de agave azul implica una derrama económica importante, según el Consejo Nacional de Tequila, en el año 2021, la industria tequilera alcanzó los 487.3 millones de litros producidos, lo que representa un incremento de 41.2% respecto al 2020 y se pronostica que siga esa tendencia.

Sin embargo, desde un punto de vista agroecológico, el monocultivo de *Agave tequilana* Weber, se caracteriza por un alto grado de intensificación de prácticas de cultivo, extensas superficies cubiertas por el monocultivo de agave, lo cual genera alteraciones de diversos ecosistemas y por tanto efectos negativos en la biodiversidad (Valenzuela, 2003). Este sistema de producción ha alterado la biodiversidad agrícola en la zona donde se cultiva, Santacruz *et al.* (2008) señalan que, dicho método de producción provoca serios problemas tanto fitopatológicos como el efecto que tiene sobre la invasión de diferentes especies de malezas, esta situación ha propiciado durante décadas el uso intensivo de productos químicos para el control de ambos problemas.

La presencia de malezas en el cultivo, representa una reducción en rendimiento de hasta del 30%, por lo que es importante controlar la densidad de éstas, el uso de herbicidas pre emergentes de amplio espectro ocasiona un impacto ambiental negativo sobre el suelo a través de la erosión del mismo, aunque estos compuestos han permitido incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción de forma significativa, a largo plazo puede tener impactos negativos en el ambiente y la resistencia de las malezas a dichos compuestos.

En la búsqueda de alternativas ante el uso de herbicidas para enfrentar la problemática de las malezas en el cultivo de agave, el uso de coberturas es una opción a considerar, se ha reportado que, el uso de coberturas en diferentes formas se derivan efectos de tipo físicos, como la reducción en la emergencia de malezas, disminución de la evaporación, control de la escorrentía, disminución de la erosión, control de la temperatura y mejoramiento de la estructura del suelo; otros de tipo químico, como el aumento en el contenido de materia orgánica, incremento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y por último efectos de tipo biológicos, destacando el incremento en la actividad de micro y macro organismos del suelo (Erenstein, 2002). Además, se han descrito otras propiedades tales como un mayor desarrollo de las raíces del cultivo y facilitando una mayor absorción de agua y nutrientes disponibles por el efecto mismo del acolchado (Rodríguez & Ibarra, 1981).



El uso de materiales orgánicos como coberturas para el control de las malezas ha sido común en los sistemas agrícolas durante muchos años. Siguiendo los lineamientos básicos de la producción integrada se deben considerar los materiales que localmente puedan ofrecer una alternativa para su uso como cubiertas de suelo, ya que el uso de los recursos locales puede significar la adopción de estas técnicas por parte de los productores locales. Como aporte y en búsqueda de una alternativa tecnológica al problema de las malezas en el cultivo de agave, el objetivo es evaluar el control de maleza con diferentes coberturas en el cultivo de *Agave tequilana* F.A.C. Weber en la región de los Altos de Jalisco.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la propiedad de un productor cooperante, ubicado en el municipio de San Miguel del Alto, perteneciente a la zona denominada Los Altos de Jalisco, Jalisco, México. La parcela se localiza en una Latitud Norte 20° 53' 47.42" y una Longitud Oeste 102° 27' 26.99". A los 2,370 msnm. El clima es semi-cálido semi-húmedo (34.1%) y templado sub-húmedo (65.9%). La temperatura oscila entre los 4 °C a 29 °C y rara vez desciende a menos de -0 °C o incrementa a más de 32 °C. La temperatura media anual es 17.3 °C y la precipitación media anual es de 919 mm siendo el mes de julio el más lluvioso (INEGI, 2022). Los suelos predominantes son el luvisol (34.6%) que se caracterizan por ser suelos rojizos y acumular grandes cantidades de arcilla, los suelos que se utilizan para la agricultura tienen rendimientos moderados y son altamente susceptibles a la erosión. La agricultura (61.7%) es el uso de suelo dominante en el municipio (IIEG, 2022)

Diseño experimental

El experimento se estableció en una plantación de agave (*Agave tequilana* f. a. c. Weber) nueva, con un mes desde el trasplante, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar. La parcela experimental consta de un área de 840 m² en la cual se establecieron 7 tratamientos para el control de malezas con 4 repeticiones por tratamiento, cada repetición tiene un área de 30 m², dando un total de 28 cuadrantes, que se delimitaron con rafia y estacas de madera, cada repetición consta de diez individuos (agaves).

Los tratamientos de coberturas consistieron en el uso de malla suelo y rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes densidades (Tabla 1), elegido este último por ser uno de los cultivos principales de la zona y por la disponibilidad en la región, además de un testigo limpio, un testigo enhierbado, un testigo regional, y un testigo químico (Bertolotto *et al.*,



2017; Rica Talavera, 2000). La aplicación de las coberturas se realizó un mes después del establecimiento del cultivo y los cuadrantes se definieron completamente al azar. El manejo del cultivo quedo a manos del productor cooperante para no realizar variaciones entre las plantas restantes de sus parcelas, no se realizaron cambios en la aplicación de la fertilización y tratamiento de plagas y enfermedades del cultivo.

Tabla 1. Tratamientos y su descripción

No.	Tratamiento	Descripción
1	Testigo limpio	Se mantuvo limpio con azadón
2	Testigo enmalezado	No se realizó labor alguna, se dejó crecer la maleza/arvense libremente
3	Testigo regional (glufosinato de amonio)	Se utilizó por ser el que usa el productor cooperante (dosis recomendada en etiqueta)
4	Glifosato	Se utilizó glifosato en la dosis sugerida por la etiqueta
Malla	Ground Cover	Es malla cubre suelo, esto solo se aplicó en la línea de siembra, dejando los pasillos libres.
Cob_1	Esquilmo de maíz	Con un grosor o profundidad de 10 cm
Cob_2	Esquilmo de maíz	Con un grosor o profundidad de 15 cm

Las medidas básicas en el muestreo de malezas son: frecuencia, cobertura, densidad y biomasa. La elección de técnicas para estimar dichas variables está determinada por el tipo de vegetación y cultivo que se está evaluando (Bautista-Zúñiga *et al.*, 2011) en este caso, el cultivo contaba con un mes de establecimiento cuando se realizó el primer conteo, el suelo previamente fue barbechado y surcado, por lo tanto, las malezas apenas comenzaban a emerger, por esta razón para efecto de este estudio, se decidió utilizar cuadros de madera con medidas de 25x25cm (0.0625m²), debido al tamaño de las malezas; se hicieron tres conteos por repetición, lanzando el cuadro de madera al azar y agrupando las malezas bajo dos criterios, malezas de hoja angosta y malezas de hoja ancha.

Para evaluar la efectividad de los tratamientos sobre el crecimiento de la planta, se realizaron las siguientes mediciones: Altura de la planta a la espina más alta de las hojas del cogollo, número total de hojas completamente desplegadas, altura de la última hoja desprendida, ancho de la última hoja desprendida, y se marcó la hoja más próxima a desprenderse del cogollo del agave (Monroy-Reyes *et al.*, 2005).



Estas mediciones se realizaron en 20 plantas por tratamiento, las mediciones se realizaron 30 días después del establecimiento del cultivo y cada 30 días durante la ejecución del proyecto para registrar el efecto de las malezas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Análisis estadístico

En cada evaluación, los datos obtenidos en las variables fueron analizados como un diseño completamente al azar, con un modelo GLM y transformado con la función (sqr) debido a que no tenían normalidad y los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados estadísticos (Tabla 2) muestran diferencias significativas entre tratamientos, medición y tipo de hoja.

Tabla 2. Análisis de anova con un GLM

Porcentaje_cob_sqrt	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercepto)	13.565	1	0.0002305***
Tratamientos	117.130	6	< 2.2e-16 ***
Medicion	15.514	2	0.0004277 ***
Tipo_hoja	10.812	1	0.0010087 **

Esto nos indica que para la variable Medición que son tres tiempos de medición, entre más tiempo pasa, los resultados cambian, en cuanto al tipo de hoja, también influye para el control aplicado, el tipo de hoja ancha es el que mayor porcentaje de cobertura presenta (Figura 1-2).

En el análisis con la prueba de Tukey encontramos que todos los tratamientos tienen diferencia significativa con el tratamiento enmalezado, esto es lógico, debido a que ese tratamiento no se limpia y todos los demás tratamientos restringieron la aparición de maleza en distintos grados. En las coberteras 1 (10 cm), 2 (15 cm) y malla las diferencias significativas fueron nulas, sin embargo, las coberturas 1 y 2 son esquilmos de maíz y se observó que el viento se las lleva o las escorrentías de agua (Figura 3-4), en cambio la malla si se fija bien, no representa ningún riesgo de ser llevada por las escorrentías ni por el viento. Brinda muy buen control de maleza (Figura 1-2).

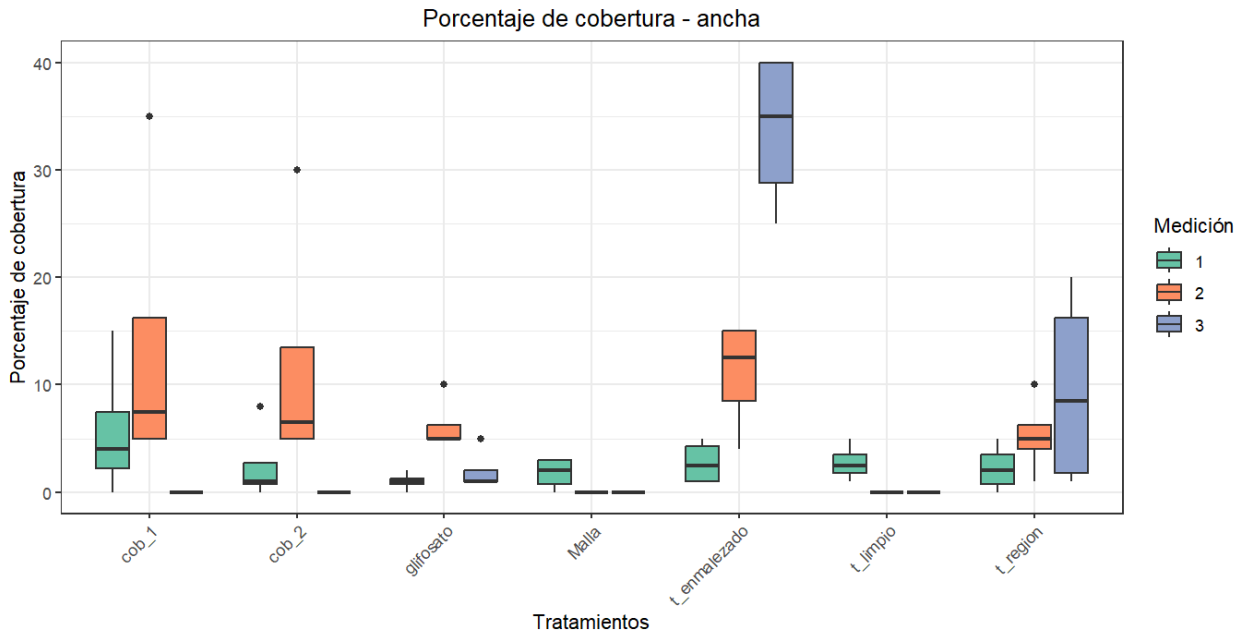


Figura 1. Porcentaje de cobertura de maleza con tipo de hoja ancha (dicotiledóneas)

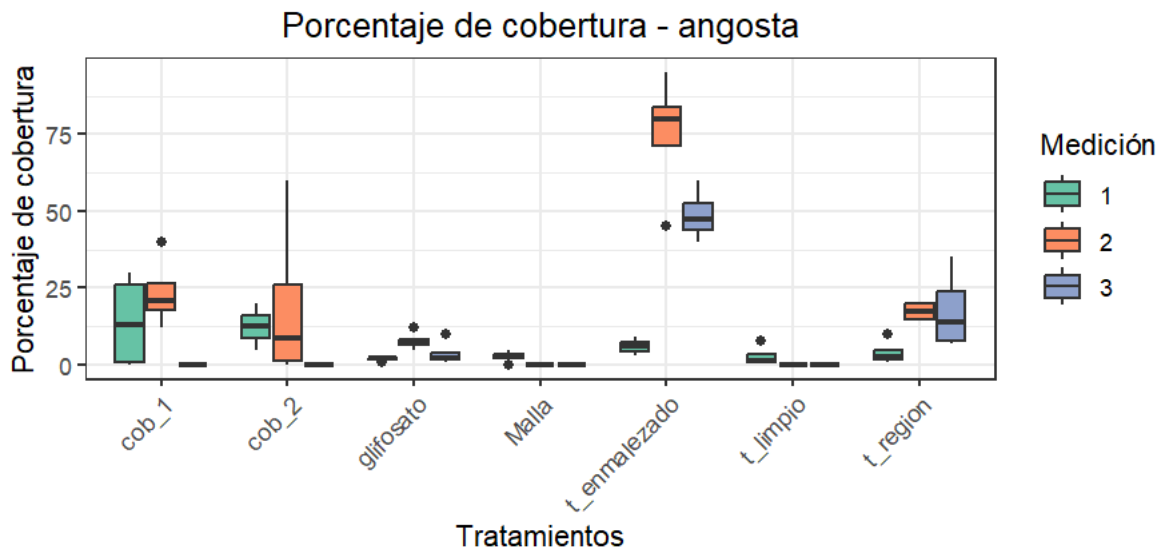


Figura 2. Porcentaje de cobertura de maleza con tipo de hoja angosta (gramíneas)



Figura 3. Colocación de malla



Figura 4. Colocación de esquilmo de maíz

En cuanto a las especies de maleza que no se lograron controlar la más abundante fue *Digitaria ciliaris* de las gramíneas o de hoja angosta y *Anoda cristata* de las dicotiledóneas o tipo de hoja ancha.



Figura 5. *Digitaria ciliaris* en cultivo de agave



Figura 6. *Anoda cristata* en cultivo de Agave



Con el tiempo los esquilmos de maíz son superados por las gramíneas quienes logran emerger e ir ganando terreno (Figura 7).



Figura 7. Control de maleza con esquilmos de maíz en cultivo de agave

El uso de coberteras como el esquilmo de maíz, se propuso por ser un recurso que el productor tiene a la mano, ya que en una época del año siembra maíz y lo que no vende puede aprovecharlo de esta manera o comercializarlo con este fin. En cuanto a la malla, dado que evita por completo el paso de la luz, a pesar de tener la temperatura y la humedad requerida para la germinación, las semillas de maleza en general necesitan luz para germinar, por lo que al tener restringido este recurso, no hay germinación (CONACYT, 2022).

CONCLUSIONES

Las coberturas utilizadas de esquilmo de maíz son una buena opción, aunque no por mucho tiempo. En el caso de Agave dado su lento crecimiento es necesario mantenerlo limpio en su primer año de establecimiento (Monroy-Reyes et al., 2005).

Por ello es más recomendable el uso de la malla ya que cubre al 100 % de la emergencia de maleza, puede permanecer colocada durante 3 años y posterior a este tiempo retirarla para colocarla en una nueva plantación.

Se evita la aplicación de herbicidas, la contaminación por agroquímicos tóxicos y el daño a la salud del aplicador.



LITERATURA CITADA

Bautista Zúñiga F, Palacio Prieto J, Delfín González H. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. <https://doi.org/10.22201/ciga.9786070221279p.2011>

Braudel F, Baudry J. 2002. Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. Mundiprensa. México.
https://www.researchgate.net/publication/342001104_Ecologia_del_paisaje_conceptos_metodos_y_aplicaciones

IIEG. 2022. Geología, edafología y uso de suelo y vegetación. Jalisco, Arandas, Jalisco, Los altos de Jalisco. México.
<https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/10/Arandas.pdf>

CONACYT. 2022. Manejo Ecológico Integral de Arvences en México: Coberturas vivas. In Gaceta informativa (Vol. 10).
https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/MEIA_06_coberturas_16122021_02.pdf

Monroy-Reyes B, Pimienta-Barrios E, Hurtado de la Peña SA, García-Galindo J. 2005. Efecto competitivo de la maleza sobre el crecimiento y la respuesta fisiológica de agave (Agave tequilana Weber var. azul) en la región de Tequila, Jalisco, México. *Scientia-CUCBA*. 7(2):113–130.
<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4553>

Rica Talavera C. 2000. Agronomía Mesoamericana Evaluación de coberturas orgánicas y plásticas para el combate de malezas en tomate. *Agronomía Mesoamericana*. 11(2): 101–107. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711216>



Abanico Boletín Técnico. Enero-Diciembre, 2024. 3:1-11.

Revisión de Literatura. e2024-30.

Una revisión sobre la producción de gas metano porcino en lagunas anaeróbicas

A review on the production of swine methane gas in anaerobic lagoons

Fernando R. Feuchter A.

Centro Regional Universitario del Noroeste. Universidad Autónoma Chapingo. E-mail:
feuchter57@yahoo.com

RESUMEN

Esta es una alternativa de biorremediación para transformar excrementos de cerdos en la producción de gas metano (CH_4), transformado como biohidrocarburo, por medio de reactores múltiples o lagunas anaeróbicas de tratamiento, cubiertas por geomembrana de plástico flotante, haciendo un aprovechamiento sostenible usando el biocombustible en calderas térmicas de vapor y empleando un generador eléctrico para auto abastecer la granja porcina, dejando de consumir energía fósil con alto costo de producción. Se integra un diseño de biodigestores en batería de flujo diario de baja agitación y perturbación para que no decanten las fibras de celulosa y hemicelulosa. No es de flujo continuo porque ingresa periódicamente oxígeno y bacterias metanotróficas, perdiendo eficiencia. Debe ser en sistema encadenado para cada día, que como modelo y ejemplo lo harían los grandes maestros de la industria cervecera. Se forma un medio de cultivo anaeróbico en fase líquida por los microorganismos metanogénicos que van a utilizar como nutrientes las excretas o estiércol que no han sido digeridos, aunado al desperdicio de los comederos con alimento balanceado porcino al caer por la rendija de los pisos, el cual es acarreado hacia canaletas de drenaje de salida, durante el lavado y limpieza en granjas confinadas, con el objeto de ser extraídas de las instalaciones. Al final de la fermentación de los compuestos químicos habrán reducido 90% la demanda bioquímica de oxígeno.

ABSTRACT

This is a bioremediation alternative to transform pig manure into the production of methane gas (CH_4), transformed as biohydrocarbon, through multiple reactors or anaerobic treatment lagoons, covered by floating plastic geomembrane, making a sustainable use using biofuel in thermal steam boilers and employing an electric generator to self-supply the pig farm, ceasing to consume fossil energy with high production costs. A design of biodigesters in a battery with a daily flow of low agitation and disturbance is integrated so that the cellulose and hemicellulose fibers do not settle. It is not a continuous flow because oxygen and methanotrophic bacteria enter periodically, losing efficiency. It must be a chained system for each day, which the great masters of the brewing industry would use as a model and example. An anaerobic liquid-phase culture medium is formed by methanogenic microorganisms that use undigested manure or excrement as nutrients, together with waste from feed troughs filled with balanced pig feed that falls through the cracks in the floors and is carried to drainage channels during washing and cleaning in confined farms in order to be removed from the facilities. At the end of the fermentation, the chemical compounds will have reduced the biochemical oxygen demand by 90%.

INTRODUCCIÓN

La producción de gas metano (CH_4) existe de forma natural por millones de años formando grandes yacimientos de hidrocarburos junto a reservorios petrolíferos y gas helio; acumulándose por siglos en grandes cantidades atrapadas en las profundidades de la tierra, los océanos, las capas de hielo permanente y humedales. Su origen es



biológico al ser producido metabólicamente por microorganismos y plantas unicelulares metanogénicas que utilizan el CO_2 , metilo (CH_3), cadenas de carbono u otras sustancias orgánicas para sintetizar CH_4 . Su extracción y compresión lo hacen un combustible y reactivo químico de alta demanda industrial, urbana y comercial. Su equilibrio en la naturaleza es minimizado con la participación de microorganismos metanotróficos que oxidan el $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$ y lo convierten en productos como $\rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, en ello con mucho contribuyen los océanos como sumideros de CO_2 , pero si se daña la estabilidad de los 7 mares se revertirán como expulsos masivos de gases.

La característica física menos deseada del gas metano es que se está acumulando en la atmósfera y tiene una propiedad de refracción de la luz solar 30 veces más alta que el CO_2 , ocasionando un incremento en la tasa del calentamiento atmosférico, el cual deshíela grandes capas de la tierra que van liberando metano atrapado en los glaciares.

Estudios indican que los gases de la atmósfera como el bióxido de carbono CO_2 persisten en la naturaleza por mil años y el metano tiene una vida corta de 12 años. Otros gases de vida larga son sulfato de hexafluoruro (SF_6), varios clorofluorocarbonos y ozono O_3 . El metano no es el único gas que ocasiona calor por la refracción solar provocando un efecto de invernadero global. Por mencionar su valor calorífico CO_2 :1, CH_4 : 30, NO_2 :270, clorofluorocarbonos CFC: 5000. La disminución frontal directa sobre los emisores de CH_4 por iluminación, transporte, refrigeración, fuerza motora industrial, etc. son la clave para minimizar el impacto ambiental del mundo, dejando de usar hidrocarburos del petróleo.





Sistema de biodigestores encadenados en Carolina del Norte y abajo a la derecha en México para 300 cerdas

Y si el gas CH_4 es relativamente abundante ¿Por qué producirlo en un ambiente controlado? La ONU 2021 resalta; que si bien la minería, industria petrolera y de hidrocarburos, la basura urbana son los mayores aportadores de gases que alternan la composición del aire, la industria agropecuaria participa activamente para cumplir con la normativa, legislación nacional y acuerdos internacionales que buscan decrecer para el 2030 las emisiones de metano hasta reducirlas comparativamente a las registradas en el 2010, logro que permitirá reducir 1.5°C la temperatura global para el 2050. Un estudio de la INECC 2021 señala que México se ha comprometido a realizar inversiones en 35 medidas de mitigación con un potencial cercano a 237 millones de toneladas equivalentes de bióxido de carbono (MtCO_2e) antes del 2030, en la que se incluyen como política pública apoyar económicamente la instalación de biodigestores agropecuarios. Hay autores que resaltan que la regulación mexicana debe proceder a reducir el uso de energías fósiles e incrementar tecnologías con bajo impacto ambiental de carbono como empleando biomasa, biogás y otras alternativas para generar electricidad.

Cabe la pregunta de la necesidad y conveniencia económica y ambiental de producir y capturar gas metano por medio de excretas de granja en un medio anaeróbico artificial, de alto costo de inversión, pero que constituye un alto impacto de mitigación en la producción de alimentos de vida sana, empleando microorganismos que en su metabolismo van a formar estas moléculas.

Si el estiércol colectado de los animales se tira libremente a la tierra agrícola como abono orgánico y mejorador del suelo, al tiempo de su descomposición microbiana se formará CO_2 , pero si se almacena en lagunas aeróbicas, sin cubierta o con aireadores para reducir los olores, mucho del gas formado entrará libre a la atmósfera contribuyendo al aporte de gases con efecto de invernadero. Tan solo al controlar el biogás producido por las granjas del mundo, aprovechando la generación de energía y reciclando los desechos de aguas y orgánicos, se estima que bajará el calentamiento global -0.5°C en la próxima década.



Desde antaño se ha usado una tecnología simple colectando y separando sólidos de excretas de animales para reducir la cría de moscas, olores fétidos y aprovechar las boñigas incorporándolas a las tierras de cultivo. Sin éxito por fallas de manejo, las excretas porcinas no han resultado ideales para su transporte, tampoco como insumo en la dieta al presentarse ciclos de toxicidad para ser un subproducto económicamente viable en la alimentación de rumiantes. Si la superficie del espejo de agua forma espuma es una laguna biológicamente activa con menos ácidos grasos volátiles fétidos, pero con mayor generación de gas metano. Se requiere la aplicación combinada de nuevas tecnologías como biorreactores de membrana para generar y capturar biogás para producir calor y generar electricidad. Hay reportes alentadores de investigación microbiológica que hacen el sistema de conversión de materia orgánica a gas energético, más eficiente.

Implicaciones sociales de los biorreactores y su problemática

La producción de alimentos es esencial para la vida y el desarrollo de las actividades sociales y laborales. Compite con la humanidad en el uso de recursos naturales utilizando espacio, agua, energía e insumos. La carne de cerdo alcanza el mayor consumo per cápita mundial, por lo que su preferencia del consumidor alienta la inversión a nuevas instalaciones porcinas. En México no es la excepción ya que existe un gusto culinario por los guisos con carne de cerdo y su consumo genera una sobre demanda, por lo que se tienen que importar anualmente 1.5 millones de toneladas de carne porcina y para reducir la salida de divisas se alienta la creación de mayores granjas altamente tecnificadas y financieramente rentables. De esta manera las granjas porcinas por su crecimiento poblacional generan contaminantes y no solo por decir gas metano entérico, CO₂ por la respiración de los animales, sino por la descomposición de los desechos y excretas sin control adecuado de almacenamiento que se producen diariamente.

En el caso de las granjas porcinas un impacto negativo en el mal manejo de los excrementos genera amoníaco (NH₃), ácido sulfúrico (H₂S) y monóxido de carbono CO. Su acumulación de materia orgánica reacciona produciendo bióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y olores. Cada unidad de producción porcina desea alcanzar progresivamente la neutralidad de las emisiones de gases con efecto de invernadero. Para ello implementa mejores prácticas de manejo zootécnico y la implementación de tecnologías con innovación científica y actualizada.

La industria porcícola participa capturando estos desechos sólidos y gases para reducir sus emisiones, busca secuestrar carbono abonando el subsuelo, reciclar las aguas en la limpieza de la granja y usarla para el riego agrícola. Implementa alternativas de paneles solares fotovoltaicos, postes eólicos, reforestación perimetral como rompevientos.



La producción de carne de cerdo de vida sana no está libre de contaminantes, pero existen tecnologías y prácticas de manejo zootécnico que harán la producción de alimentos con niveles neutros de contaminantes. Con ello se baja el impacto y aportación a la huella de carbono.

Porcicultura mundial. La carne de cerdo es la proteína animal más consumida a nivel mundial, se festeja el 15 de marzo el día mundial del cerdo. En abril 2024, México constituyó históricamente el día del porcicultor, también para el 15 de marzo. Si bien hay culturas y religiones que prohíben el consumo de carne de cerdo y muchos países socialmente no aceptan su ingesta como alimento humano. La preparación de carnitas es muy popular en el mundo.

Durante los 70s en los EUA a lo largo de la costa del Pacífico y posiblemente en otros lugares se construyeron pilas herméticas de concreto armado con varilla y hormigón para reducir los contaminantes que generaban las granjas porcinas. En un proceso anaerobio se generaba gas metano de manera muy eficiente, los sedimentos sobrantes eran sólidos y minerales no digeridos por la flora microbiana de fermentación y así los líquidos sobrantes salían como desechos de bajo impacto ambiental. La limitante es que la capacidad de almacenamiento del búnker tan solo capturaba 2 días de colecta de efluentes de la granja, mientras se cerraba el biorreactor anaerobio por 23 días para el proceso de degradación y 5 días de limpieza. De esta manera durante los 28 días del mes las excretas de los cerdos seguían fluyendo libremente como desechos contaminantes. Su contribución al impacto de reducir la contaminación realmente era bajo, aunado a su alto costo de construcción y mantenimiento. El principio de fermentación estaba bien aplicado, solo limitado al costo de construcción y capacidad de almacenamiento para el proceso fermentativo.

Hoy en día la tecnología zoonosanitaria, manejo de instalaciones y equipo de automatización permiten la alta concentración de animales en un solo lugar. En Texas EUA, en un área de 800 hectáreas se establecieron en forma separada 6 granjas de 3,000 vientres cada una, con unidades de destete y naves de finalización, junto con la planta de alimentos balanceados.

En EUA, España se instalan granjas porcinas sitio uno (S1) con 10,000 vientres. Las crías destetadas se colocan a distancia del S1, en granjas diseñadas de ambiente controlado artificialmente para reducir la mortalidad de los lechones. Las granjas de finalización o engorda (S3) son las de mayor volumen en el consumo de alimento.

En China desde el 2020, en apoyo a las compañías constructoras de viviendas en serie, se están construyendo edificios de 10-20 pisos, como granjas porcinas verticales, con clima controlado artificialmente, para concentrar más de 500,000 animales en cada unidad de producción, en la que incluyen elevadores con capacidad para 20 personas y con ello poder subir y bajar insumos, animales y personal laboral.



Porcicultura nacional en México. A partir de los 70s se inicia el desarrollo de la porcicultura estabulada con granjas de 150 vientres como punto de equilibrio financiero, para 1975 se necesitaban instalaciones para 250 hembras con corrales de desarrollo y engorda incluidos ya que el período de lactación era hasta de 35 días, en los 80s el análisis de factibilidad financiera requería establecimientos para 450 marranas, en 1985 ya era de 500 reproductoras, aunque desde temprano ya existían las grandes granjas porcinas de 1,000 vientres. Para poder controlar el virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS) a principios de los 90s, las granjas modifican severamente su diseño estructural separándose en sitios 1 exclusivamente para reproductores y maternidad, el sitio 2 para albergar cerditos recién destetados a edades entre 16-21 días y los sitios 3 son los corrales de crecimiento, engorda y finalización. Durante 1995 los porcuicultores individuales para mantenerse en el negocio empezaron a rentar, comprar o construir granjas para manejar como empresas porcícolas más de 5,000 vientres en granjas separadas S1, S2, S3. De esta manera en el 2000 se construyen individualmente granjas reproductoras con instalaciones para albergar 5,000 vientres, con maternidades de lactación de 21 días.

La SEMARNAT en coordinación con la SADER crea un programa nacional aplicado por FIRCO para construir lagunas cubiertas de plástico PVC de membrana gruesa en apoyo a los productores lecheros y porcícolas para que pudieran reducir en sus efluentes líquidos sus niveles de contaminación y poder apegarse a las leyes vigentes del manejo de aguas y así evitar multas y cierre de operaciones de establos y granjas confinadas de cerdos.

Se instalaron en todo México 479 lagunas de digestión anaeróbica en las que resaltan Sonora con 157, Jalisco 124 y en la Comarca Lagunera 64, pero éstas son tan solo el 8% de las necesidades nacionales para reducir la contaminación de las instalaciones de animales confinados.

Porcicultura en Sonora. El estado de Sonora ocupa el 2do lugar de producción nacional con 380 granjas de cerdos en operación, albergando 185,000 vientres reproductores para producir al año 1.4 millones de toneladas de cerdo en pie en los sitios de las granjas en engorda y finalización.

En su parcial exportación de carne en canal desde 1974 y cortes especiales, principalmente al mercado japonés, aportan divisas por más de \$300 millones de dólares al año. Hay regulaciones del mercado internacional por la Asociación Mexicana de Exportaciones de Carne de Cerdo (Mexican Pork). La Organización de Porcuicultores Mexicanos (OPORMEX) presenta una visión estratégica de la industria porcina mexicana hacia el futuro. No se fija una meta de destino, un punto de llegada; sino un planteamiento de proceso continuo, realizando una jornada de mejoría sin parar.



Sonora es considerado un estado ganadero, pero sus ventas nacionales de carne total de cerdo superan los \$13.7 mil millones, siendo 1.5 mayor que la comercialización de carne de res al año. Datos de la ganadería del estado de Sonora. Justifica colocarle un cerdo al escudo del estado de Sonora.

En el 2004 AgCert, una empresa extranjera se instala con oficinas centrales en México D.F, con fines de generar bonos de carbono en granjas y establos a nivel nacional para ser vendidos en el mercado internacional, cotizando en la bolsa de Londres. En un centro de operaciones de campo en Cd. Obregón se construyeron 150 lagunas biodigestoras calculadas a la capacidad del tamaño de cada granja porcina. Si bien incursionaron un poco en establos lecheros y granjas de producción de huevo. De alguna manera la empresa sale de operaciones en México. Posiblemente sus instalaciones siguen funcionando y continúan en operación, ya que las granjas porcinas más grandes con mayor capacidad de animales instalaron generadores eléctricos específicos para combustión de gas metano y resistentes al ácido sulfúrico, sin ser afectados por otros componentes de gases corrosivos que no tienen potencial calórico.

Al incrementar la presión legislativa gubernamental para que las granjas redujeran los contaminantes ambientales que eran depositados en charcos al aire libre, en drenes, vasos de arroyos y en ocasiones conducidos hasta la desembocadura del mar. El FIRCO continuó apoyando a los productores porcinos para instalar 157 biodigestores. Sin embargo, la mayoría de las granjas con lagunas biodigestoras tan solo queman al aire el gas metano colectado y no utilizan su energía calórica para reducir costos en calefactores y existe un bajo empleo de excrementos porcícolas para ser incorporados al suelo agrícola con el fin de mejorar la estructura del suelo, incrementar el contenido de materia orgánica y aprovechar como abono el aporte de minerales y micro minerales.

Una empresa alemana que maneja los bonos de carbono en el mercado internacional se ha establecido 2023 en América, con oficinas en EUA y México, para realizar proyectos sostenibles de captura con energía circulante en las industrias. Hay que consultar estos servicios.

El aprovechamiento de la energía circulante permite ahorros que en este ciclo productivo 2024 sería de mucha ayuda para la revolvencia financiera y sostenerse rentablemente en las actividades porcícolas. Siguiendo la cadena de valor: Producción, rastro, empaques, transporte, bodegas y comercio.

Desde el 2020 se han construido nuevas granjas porcinas con corrales de gestación para manejar en una sola unidad 10,000 hembras reproductoras, unas pocas ya en funcionamiento y producción y otras en proceso de construcción.

La producción controlada de gas metano por medio de reactores de biodigestión anaeróbicas. Normalmente el excremento en suspensión líquida pasa por gravedad a



una laguna de decantación a cielo abierto para precipitar pelos, basura sólida y otros productos de descarte. Continúan pasando los efluentes a una laguna profunda de almacenamiento y retención para su descomposición en la que con el tiempo emiten al aire diversos gases que causan un efecto de invernadero, olores y contaminación si se desborda la capacidad de retención de líquidos.

Para su aprovechamiento controlado como recurso energético la laguna se cubre con plástico bajo un sistema de fermentación sin oxígeno para que los microorganismos estabilicen en su etapa inicial de 120 días, sus poblaciones para producir gas biometano, el cual queda retenido junto con otros gases con la cubierta de geomembrana. Después del período de fermentación de 5 días, los carbohidratos más simples de cadena corta, se han transformado al concluir el ciclo biológico exponencial de reproducción y crecimiento poblacional de los microorganismos, hongos, Bacilos y Archaea metanogénicas, proceso en el que metabolizaron biometano.

Para establecer como alternativa en una granja porcina un biodigestor en batería de flujo diario, como lo haría el proceso de fabricación de cerveza. Una bolsa de geomembrana individual con capacidad para retener los efluentes colectados de cada día y que perdure colectando biogás por 30 días alargando el período del biorreactor. Sería un sistema con 30 reactores separados más las bolsas del sistema en el proceso de limpieza, recarga de inicio y aprovechamiento del gas retenido. Al igual que la fermentación de la cebada maltera en recipientes secuenciales en batería, todos los días embotellan y todos los días llenan un tanque limpio con nuevo mosto. Aun así, generan un desecho del bagazo pastoso de cerveza, mientras que en el pasado en las granjas porcinas se han usado modelos de biodigestión continua, semicontinua y sistema discontinuo, por lote y batch.

Los microorganismos de la fermentación para producir biogás requieren de un medio líquido, no tiene que ser agua potable, por lo que las aguas de la bolsa que se va a vaciar para limpieza se reciclan, conducida por tubos de circulación interna, sin estar expuestas al aire, evitando oxigenar el medio, pasan la bolsa de llenado nuevo, incrementando el volumen controlado de retención de ese día y aportando inóculos microbianos ya adaptados por selección natural del proceso establecido.

Después de 5 días de fermentación inicial quedan por digerirse y contribuir a su aporte energético las partes del grano no digeridas de celulosa. Por ello cada biorreactor debe recibir en codigestión excrementos de corrales de engorda y establos lecheros o desde el rastro de bovinos utilizar los residuos estomacales con bacterias vivas del rumen, introducirlos dentro de cada cámara de fermentación. A falta de este insumo natural se pueden incorporar como inóculo bacterias vivas cultivadas de *Clostridium cellulovoma* que sintetiza enzimas en condición anaerobia, Ruminococcus, Fibribacter, Eacillus, Protozoos, Hongos o aplicar directamente un conjunto de enzimas celulosomas, endoxilasas y poligalacturonasas que hidrolizan la celulosa.



Al separar excrementos fermentados de la materia líquida de la bolsa en proceso de limpieza, la materia orgánica rica en fibras de celulosa se reutiliza nuevamente para la cría de insectos comestibles para producir proteína con calidad alimenticia para la granja, en sustitución de otras fuentes de alto costo de adquisición. Al concluir el ciclo biológico, durante la cosecha de los insectos, los desechos se utilizan como abono orgánico para la agricultura, generando economías en la mejora de la retención del agua de riego en el suelo agrícola. Alternativas para mejorar la eficiencia integral de producción de gas CH₄ alargando el tiempo de recarga orgánica como de oxígeno y valorar el aprovechamiento reciclable de sedimentos sólidos, economía circular de energía calórica y eléctrica, con el objeto de disminuir la contaminación e incrementar la rentabilidad de la empresa.

Los líquidos excedentes de la fermentación contienen nutrientes adecuados para su concentración de NPK como fertilizantes y para el cultivo de espirulina, algas o aplicar los líquidos al riego agrícola. Cada sistema tiene su propio diseño de ingeniería biológica para su funcionamiento. Tecnología disponible para grandes capacidades de producción. Analizar y diseñar el modelo de batería para lograr una mayor conversión de sólidos orgánicos a la producción de gas metano, para incidir en mayor cuantía a la reducción de contaminantes del vertedor de salida de aguas negras de la granja.

Se establece una biorrefinería de subproductos para valorizar por sistema de conducción controlada en cada fase, un esquema de bioeconomía circular como recurso energético a los subproductos líquidos para obtener biofertilizantes de las aguas de desecho, así como reutilizando el agua de limpieza reciclada y empleando los sólidos húmedos para la producción de proteína de insectos comestibles para posteriormente ir incorporando las compostas deshidratadas y abonos húmedos a las tierras agrícolas para incrementar la materia orgánica del suelo y capacidad de retención del agua de riego, al mejorar las propiedades porosas del suelo. En su conjunto estratégico reducir la huella ambiental de carbono de la granja porcina, reducir malos olores y generar ahorros e ingresos para amortizar las inversiones, con la posibilidad de gestionar créditos de carbono en el mercado internacional.

Secar en invernaderos ventilados con calor las excretas para ser ensacadas como abono de plantas ornamentales y mejorador de suelos en la agricultura comercial.

Un estudio nacional de FIRCO 2009 constata la instalación de 345 biodigestores en 11 estados, en su mayoría para granjas y pocas en establos. Posteriormente un seguimiento de campo FIRCO 2013 reporta para 13 estados la construcción de 138 biodigestores en las que sobresalen Yucatán con 41 y Jalisco con 21, para Sonora solo 2, la Comarca Lagunera 39 y muy posiblemente en establos. Durante el programa anual se instalaron 43 motogeneradores de gas metano convertida a electricidad, de las cuales Yucatán echó a andar 32 motores.



Ensayos de codigestión anaeróbica para lagunas de granjas porcinas o lecheras, con cubiertas de plástico, incorporan mezclas de residuos agroindustriales y esquilmos agrícolas para generar biomasa en bioenergía renovable.

El biogás se genera por medio de materiales de plantas y animales en un medio de biodigestión. Puede ser quemado para reducir las emisiones de contaminantes del aire o ser combustible para un generador eléctrico adaptado a este gas. Su tamaño varía para hacer funcionar una hornilla de cocina casera hasta motores de barco.

La relación de la biomasa y su contenido de nitrógeno no favorece a las excretas porcinas por tener una relación inferior carbono:nitrógeno de 8C:1N.

Las tecnologías alternativas existentes indican que la economía circular de los desechos producidos en la granja, sea agua, excrementos, animales muertos y otros se deben incorporar para su reciclaje de líquidos para limpieza de corrales, generación de energía calórica o eléctrica que permita la reducción de los costos de producción, al ahorro de un ingreso con la venta de composta de animales desechados.

El procesamiento y aprovechamiento eficiente de la materia orgánica que se elimina de las unidades productivas, reduce significativamente las aportaciones de contaminantes que se desechan al ambiente. Cada granja sitio 1 de reproductoras, sitio 2 con lechones en desarrollo y sitio 3 engordando cerdos para matanza. Por su edad fisiológica reciben diferentes dietas formuladas para satisfacer sus requerimientos nutricionales, la digestibilidad del alimento difiere en cada sitio, como los insumos estacionales regionales, nacionales e importados que se incluyen en la formulación.

Así que el potencial de producir gas metano eficientemente de manera renovable, varía para cada sitio de granja porcina, como de la calidad y cantidad del agua para beber y lavar los corrales, formando parte del medio de cultivo microbiano. Los minerales de la dieta contribuyen también a los solutos que darán el pH del medio acuoso de la laguna de digestión.

Para ampliar información actualizada consultar los artículos Producción de gas metano en una granja porcícola y próximamente Tecnologías para producir biogás con un biorreactor en granja porcícola.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo Vázquez NP. 2011. Caracterización de bacterias degradadoras de celulosa y almidón.

<https://smbb.mx/congresos%20smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/IX/carteles/CIX-04.pdf>



FIRCO. 2009. Diagnóstico general de la situación actual de los sistemas de biodigestión en México.

<https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Diagnostico-Nacional-de-los-Sistemas-de-Biodigestion.pdf>

Ganadería del estado de Sonora. 2024. México.

<https://www.sonora.gob.mx/datos/ganaderia>

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2021. Estimación de costos y beneficios asociados a la implementación de acciones de mitigación para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones comprometidos en el Acuerdo de París.

Magrí A. 2000. Tratamiento de la fracción líquida de purines de cerdo mediante un reactor discontinuo secuencial (SBR).

https://www.academia.edu/18081675/Tratamiento_de_la_fracci%C3%B3n_l%C3%ADquida_de_purines_de_cerdo_mediante_un_reactor_discontinuo_secuencial_SBR_

Méndez L, Jaciel R. 2015. Sonora en las redes globales de suministro de carne de puerco a Japón, 1990-2012. Tesis del posgrado en integración económica.

<https://integracioneconomica.unison.mx/wp-content/uploads/2019/01/Jaciel-Mendez-Sonora-en-la-redes-globales-de-suministro-de-carne-de-puerco-a-Japon.pdf>

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2021. Reducir las emisiones de metano un 45% en 10 años es factible y crucial para frenar el cambio climático.

<https://news.un.org/es/story/2021/05/1491742>

Pampillon GL. 2018. Producción de biogás: Fundamentos y parámetros de diseño.

<https://pcientificas.ujat.mx/index.php/pcientificas/catalog/book/191>

Pérez E, Rosario H. 2018. Estrategias de mitigación. El programa de biodigestores en Yucatán, México.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662018000200235

Plascencia R, Cinthia E. 2014. Estudio de codigestión de residuos orgánicos agroindustriales para la producción y uso de biogás. CIDETEQ.

<https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/331/1/Estudio%20de%20codigesti%C3%B3n%20de%20residuos%20org%C3%A1nicos%20agroindustriales%20para%20la%20producci%C3%B3n%20y%20uso%20de%20bi%C3%B3gas.pdf>

Prehn M. 2010. La bionergía en México: Estudios de caso No.1 Red mexicana de bioenergía AC.

<https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT1.pdf>



Vidal Amaro JJ. 2017. A transition strategy from fossil fuels to renewable energy sources in the mexican electricity system.

Weber Bernad. 2023 Producción de biogás en México. Estado actual y perspectiva. Red mexicana de bioenergía AC.

<https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT5.pdf>

Algunos libros sobre manejo de excretas.

https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=busqueda_menu&id_autor=96835



Abanico Boletín Técnico. January-December, 2024. 3:1-5.
Literature Review. e2024-33.

Reproductive problems in mares and their importance in equine production

Problemas reproductivos en yeguas y su importancia en la producción equina

**Robledo-Reyes Eduardo¹ , Olivares-Pérez Jaime¹ , Rojas-Hernández Saúl¹ ,
Romero-Rosales Teolincacihuatl¹ , Hernández-Castro Elías¹ , Villa-Mancera
Abel² , Córdova-Izquierdo Alejandro^{*3} **

¹Universidad Autónoma de Guerrero. Doctorado en Sostenibilidad de los Recursos Agropecuarios. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. México. ²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. ³Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. México. *Corresponding author: acordova@correo.xoc.uam.mx

Abstract

The purpose of equine reproduction is to produce specimens with the desired genetic characteristics to have satisfactory performance in different equestrian activities. Mares are characterized by being seasonal polyestrous, presenting their estrous cycle every 21 days on days with the greatest number of daylight hours (spring – summer). However, this species presents several reproductive problems that can be management problems such as poor diet and body condition, stress due to excessive work during the reproductive process or the use of a stallion with poor seminal quality. The pathological problems that arise are bacterial infections due to poor hygiene during copulation, which can lead to infectious endometritis, embryonic resorption due to using postpartum heat before the uterus is in a position to develop the embryo, hormonal alterations or persistent follicles. All of these anomalies can cause great economic losses as well as compromise the health and well-being of the equine species.

Keywords: Reproduction, mares, management, pathologies.

Resumen

La reproducción equina tiene como finalidad producir ejemplares con las características genéticas deseadas para tener un desempeño satisfactorio en las diferentes actividades ecuestres. Las yeguas se caracterizan por ser poliéstricas estacionales, presentando su ciclo estral cada 21 días en los días con mayor número de horas de luz (primavera – verano). Sin embargo, esta especie presenta diversos problemas reproductivos que pueden ser problemas de manejo como mala alimentación y condición corporal, estrés por exceso de trabajo durante el proceso reproductivo o el uso de un semental con mala calidad seminal. Los problemas patológicos que se presentan son infecciones bacterianas por mala higiene durante la cópula, que puede derivar en endometritis



infecciosa, reabsorción embrionaria por utilizar el celo postparto antes de que el útero esté en condiciones de desarrollar el embrión, alteraciones hormonales o folículos persistentes. Todas estas anomalías pueden ocasionar grandes pérdidas económicas, así como comprometer la salud y el bienestar de la especie equina.

Palabras Clave: reproducción, yeguas, manejo, patologías.

INTRODUCTION

Reproductive management in a Production Unit (PU) is of great importance for livestock production. Knowledge of the reproductive physiology of horses allows for adequate reproductive, health and nutritional management to produce specimens with the genetic and performance characteristics needed for satisfactory performance in equestrian activities (Bolger, 2015). The desired characteristics of a breeding mare are its conception capacity, ease of calving, maternal abilities and its milking capacity. However, regardless of these characteristics, an appropriate body condition and a nutritional balance according to its physiological state, provide the horse with the appropriate conditions for its reproduction (Hernández, 2013).

Mares enter puberty between 12 to 18 months of age, this can vary according to seasonality, nutritional status and breed. They are considered seasonal polyestrous, since their estrous cycle is influenced by the number of light hours, beginning their reproductive season in spring - summer, which is when the days are longer, in addition to the quality of the forage better covering their nutritional requirements; although in stabled mares that are well fed they can have cycles at any time of the year. Their estrous cycle is on average 21 days (5 – 7 days of follicular phase and 14 to 15 of luteal phase) and their gestation is on average 330 days (Cortés *et al.*, 2018).

Unlike other domestic females, mares have many difficulties in reproducing; which according to Carvajal (1998) can be classified into problems due to poor reproductive management and pathological problems. The latter are caused by microorganisms, physiological or anatomical failures derived from hereditary genetic anomalies (Ganin *et al.*, 2017).

Reproductive problems due to mismanagement

Reproductive problems in mares do not necessarily have to be pathological; they can be due to environmental factors or poor management in the breeding units (Rickkets & Troedsson, 2007). The low reproductive quality of a stallion can be a very common cause of confusion when believing that the mare has fertility problems, when the problem comes from the stallion that is used for natural service. An andrological evaluation of the stallion



is essential to determine libido and semen quality, and therefore its reproductive performance (Castro & González, 2019).

A stressful environment for the mare may be a predominant factor in embryonic resorption; Facilities in poor conditions, lack of visual field, coexistence with others of its species, poor nutrition or excessive work during the reproductive stage can cause physiological disorders during reproduction. A diet that does not cover their nutritional requirements according to their productive stage is a factor that reduces their reproductive efficiency (Robledo *et al.*, 2020). Brinsko *et al.* (2011) documents that body condition significantly influences pregnancy rates; both obese and cachexic mares can have alterations in their estrous cycle. As well as service in fillies before 3 years of age, which not only endangers the pregnancy, but also the life of the animal.

Vulvar conformation and angle are something that must be evaluated in the mare before subjecting her to reproductive management. If it does not have the appropriate conformation, it allows bacteria and microorganisms to enter directly into the vagina, producing infections that cause infertility. McKinnon (2011) reports that English Thoroughbred mares are the ones with the highest prevalence of this type of problems.

Preventing contamination by microorganisms through hygiene during mating or artificial insemination (AI) reduces the risk of infertility. Bacterial contamination by AI is more controlled than by natural breeding (McKinnon, 2011).

Service in the foal's heat is a very common practice in the UP that is beneficial to achieve a birth in less time and take advantage of the reproductive season; However, the probability of achieving a safe pregnancy is lower because the uterus is in the postpartum period and is not yet fully prepared to develop another pregnancy (Ramírez *et al.*, 2006).

Pathological reproductive problems

Hormonal imbalances are associated with alterations of the hypothalamus – pituitary – ovary axis; These problems occur mainly in geriatric, obese, or mares with poor body condition (Brinsko *et al.*, 2011). Follicular atresia develops when a dominant follicle emerges and develops more than the others, which may be due to follicular hypoplasia, ovarian cysts, infections of the uterus, or poor nutrition (Pardo & Mattos, 2007).

A persistent corpus luteum is characterized because the mare does not present a spontaneous regression of the corpus luteum in a normal manner, which may be due to immature corpus luteum that originates from ovulations in the last part of the diestrus at the time of prostaglandin release; due to inadequate secretion of prostaglandins during



the estrous cycle, or due to chronic endometritis that produces the destruction of the endometrium, reducing the secretion of prostaglandins (Pardo & Mattos, 2007).

Sometimes, there are mares that, despite being in the reproductive season, develop anovulatory follicles that can reach between 5 to 15 cm in diameter and persist for up to 2 months; This could be due to inadequate secretion of gonadotropins that stimulate ovulation, or due to inhibition of estrogen secretion by the follicle; Instead of ovulating, it fills with blood and persists as a hematoma (Ganin *et al.*, 2017).

Not all mares present postpartum heat or foal heat; sometimes the anestrus period begins or they do not ovulate due to not having good follicular development. McCue (2007) has reported an incidence of 21 to 74% of anestrus due to lactation, although some authors have shown that lactation has no effect on ovarian activity, but rather that anestrus is due to poor body condition or poor nutrition after lactation. delivery.

Endometritis is one of the most common causes of infertility in female horses, Benko *et al.* (2015) reports a prevalence of 25 to 60% of mares with this pathology. Its etiology is mainly due to aerobic bacteria such as *E. coli*, *Proteus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., among others, with *Streptococcus equi* zooepidemicus being the most prevalent.

After mating, temporary endometritis always occurs due to the inevitable contamination and irritating effect of semen, in addition to inflammation occurring when the barrier of the cervix is crossed. When there is persistent inflammation, it is usually due to poor conformation of the perineum or delayed expulsion of uterine dirt; The time in which endometrial inflammation occurs is approximately 12 to 24 hours after mating (Gallego *et al.*, 2021).

CONCLUSIONS

The mare is a species susceptible to reproductive anomalies due to inadequate management problems. Providing management Ahmed at taking care of their well-being can contribute to good production and benefit the well-being of the horse and the owner.

REFERENCES

Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD. 2011. Reproductive Physiology of the nonpregnat. En: Manual of Equine Reproduction. ELSEVIER, 3^a Edition. Pp. 11 – 13.



Bolger C. 2015. Gestación, lactancia y destete: todo depende de las yeguas. *ExtremaduraPRE: La Revista de la Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Española*. 21: 43 – 47.

Carvajal RJL. 1998. Problemas reproductivos en la yegua. *Revista Mundo Ganadero*.

Castro MK, González CS. 2019. Métodos modernos de evaluación seminal en equinos. Seminario de profundización en reproducción equina. Universidad Cooperativa de Colombia. En: Repositorio Institucional
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8237d0e1-e8e9-4c4c-a8d9-cb195afa5f6d/content>

Cortés VZ, Aréchiga FC, Rochín BF, López CM, Flores FG. 2018. Revisión: El Ciclo Reproductivo de la Yegua. *Abanico Veterinario*. 8 (3): 14 – 41.

Gallego RRS, Ruiz JL, Ruiz BJ. 2021. Frecuencia de aislamiento bacteriano y patrones de sensibilidad en yeguas criollas Colombianas diagnosticadas con endometritis. *Revista de Medicina Veterinaria*. 1(41). <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss41.2>

Ganin JI, Ambrosius B, Fumuso E. 2017. Factores que disminuyen el rendimiento reproductivo de la yegua joven. *Tesina de Licenciatura*. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA.

Hernández CRM. 2013. La yegua de cría. *ExtremaduraPRE: La Revista de la Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Española*. 15: 56 – 57.

McKinnon AO. 2011. Manejo clínico de la yegua problema en condiciones de haras y ambulatorias. En: Lossino L. (eds) Reproducción Equina II. Memorias del II Congreso Argentino de Reproducción Equina. Editorial UniRio. Pp. 141 – 182.

Pardo PE, Mattos PV. 2007. Inducción de estro en yeguas con una dosis reducida de prostaglandinas F2a en el espacio lumbosacro (Acupunto Bai Hui). *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 10(1):111-18.

Ramírez G, López G, Cifuentes E. 2006. Involución uterina en yeguas Paso Fino Colombiano medida por ultrasonografía y citología endometrial. *Revista de Medicina Veterinaria*. 11:25-33.

Ricketts S, Troedsson MHT. 2007. Fertility expectation and mangement for optimal fertility. En: Samper J., Pycock J., McKinnon A. (Eds). Current therapy in equine reproduction. SAUNDERS. Pp. 53 – 69.



Robledo REE, Hernández GM, Rojas HS, Camacho DL, Cipriano SM, Villa MA, Olivares PJ. 2020. Management and welfare on working equids in the Guerrero state. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 7(2): e2333.