

Efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre las ganancias de peso y anestro posparto en vacas cárnicas

Effect of restricted suckling and food complementation on weight gains and postpartum anoestrous in beef cows

Víctor Hugo Severino Lendecky^{1*}, Felipe Montiel Palacios², Concepción del Carmen Ahuja Aguirre², Hiram Gómez de Lucio³, Alfonso Juventino Chay Canul⁴

¹ Centro de Estudios Etnoagropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas. Blvd. Javier López Moreno S/N, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. C.P. 29264.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Circunvalación Esq. Yáñez s/n, Col. Unidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz. C.P. 91710.

³ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán, C.P. 97345.

⁴ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, Km 25, Villahermosa, Tabasco. C.P. 86280.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre las ganancias de peso y anestro posparto, en bovinos de carne, para lo cual se utilizaron 120 vacas Simbrah lactantes, distribuidas en cuatro tratamientos: T1) amamantamiento continuo con complementación alimenticia (ACCCA; n=30), T2) amamantamiento restringido sin complementación alimenticia (ARSCA; n=30), T3) amamantamiento restringido con complementación alimenticia (ARCCA, n=30) y T4) amamantamiento continuo sin complementación alimenticia (ACSCA, n=30). Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza en un arreglo factorial 2x2, Chi-cuadrada y correlación simple. La ganancia de peso (g/día) y peso al estro (kg) en las vacas del T3 fue mayor (0.926 y 551.0) comparado con T1 (0.425 y 535.0), T2 (0.544 y 545.8) y T4 (0.194 y 501.0), respectivamente ($P<0.01$). El anestro posparto (días) fue menor en T3 (85.5) comparado con T1 (185.6), T2 (158.0) y T4 (259.2) ($P<0.01$). La tasa de gestación (%) fue mayor en T3 (86.6, 26/30) con respecto a T1 (60.0, 18/30), T2 (70.0, 21/30) y T4 (40.0, 12/30) ($P<0.05$). Se encontró efecto por tipo de amamantamiento y CA. En conclusión, el ARCCA eleva la tasa de preñez y disminuye el anestro posparto en vacas Simbrah en el trópico.

Palabras clave: Días abiertos, nutrición, ovulación, amamantamiento restringido.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of restricted suckling and nutritional complementation on weight gain and postpartum anoestrus, in beef cattle, for which 120 lactating Simbrah cows were used, distributed in four treatments: T1) continuous suckling with food complementation (ACCCA, n=30), T2) restricted suckling without food complementation (ARSCA, n=30), T3) restricted

suckling with food complementation (ARCCA, n=30) and T4) continuous suckling without food complementation (ACSCA, n=30). Results were evaluated through analysis of variance in a 2x2 factorial arrangement, Chi-square and simple correlation. Weight gain (g/day) and estrus weight (kg) in T3 cows were higher (0.926 and 551.0) compared to T1 (0.425 and 535.0), T2 (0.544 and 545.8) and T4 (0.194 and 501.0), respectively ($P<0.01$). Postpartum anoestrus (days) was lower in T3 (85.5) compared to T1 (185.6), T2 (158.0) and T4 (259.2) ($P<0.01$). Pregnancy rate (%) was higher in T3 (86.6, 26/30) with respect to T1 (60.0, 18/30), T2 (70.0, 21/30) and T4 (40.0, 12/30) ($P<0.05$). An effect was found on the type of suckling and CA. In conclusion, the ARCCA increases pregnancy rate and decreases postpartum anoestrus in Simbrah cows in the tropics.

Key words: Open days, nutrition, ovulation, restricted suckling.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de un sistema de producción vaca-cría (producción de destetes para carne) es tener un becerro al año por vaca, por ser el factor que más impacta la rentabilidad de un rancho (Hess *et al.*, 2005; Mejía-Bautista *et al.*, 2010). Es por esto que, el reinicio del estro dentro de un tiempo relativamente corto después del parto (≤ 90 días) es de suma importancia, porque optimiza el comportamiento reproductivo de la vaca y garantiza una producción constante y periódica de crías (Hess *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2012). No obstante, la importancia productiva y financiera que tiene el anestro posparto (Ciccioli *et al.*, 2003; Mejía-Bautista *et al.*, 2010), el comportamiento reproductivo del ganado de carne en regiones tropicales es deficiente, y se refleja en intervalos del parto a la siguiente concepción ≥ 300 días y porcentajes de concepción de 45 a 55% (Mejía-Bautista *et al.*, 2010; Diskin y Kenny, 2016). Estas condiciones se han atribuido principalmente al efecto del vínculo vaca-becerro que se da durante

*Autor para correspondencia: Víctor Hugo Severino Lendecky
Correo electrónico: vhseverino@hotmail.com

Recibido: 13 de marzo de 2018

Aceptado: 12 de septiembre de 2019

el amamantamiento (Galina *et al.*, 2001; Crowe *et al.*, 2014). También se ha observado que aunado al efecto de la presencia del becerro (como inhibidor del reinicio de la actividad ovárica posparto) durante el amamantamiento, si la vaca no tiene un manejo nutricional adecuado y/o buena condición corporal (CC), se mantendrá el estatus de inactividad ovárica después del parto, prolongando los días abiertos (Crowe, 2008; Diskin y Kenny, 2014; Bayemi *et al.*, 2015; Stevenson *et al.*, 2015; Diskin y Kenny, 2016).

Por lo tanto, controlar la interacción entre el amamantamiento y la nutrición de la vaca, se vuelve una prioridad zootécnica que facilita las condiciones necesarias para el reinicio de la actividad ovárica y la gestación temprana (≤ 90 días posparto) (Wettemann *et al.*, 2003; Quintans *et al.*, 2009; Watanabe *et al.*, 2013; Crowe *et al.*, 2014; Diskin y Kenny, 2016). El destete temprano y el amamantamiento restringido o controlado son las técnicas de manejo que se han utilizado principalmente como herramientas zootécnicas que acortan el periodo de anestro posparto y hacen más eficiente la reproducción de las vacas (Galina *et al.*, 2001; Montiel y Ahuja, 2005; Waterman *et al.*, 2012; Barreiros *et al.*, 2014). Así mismo, la complementación alimenticia (CA) en el posparto de la vaca coadyuva de manera directa a la reducción del anestro, aumentando las probabilidades de que las vacas puedan quedar preñadas en menor tiempo (Wettemann *et al.*, 2003; Watanabe *et al.*, 2013), es decir, los animales que mantienen una buena alimentación posparto, tendrán una adecuada CC y a su vez, mejor desempeño reproductivo (Stagg *et al.*, 1998; Crowe, 2008; Stevenson *et al.*, 2015). Sin embargo, el uso de estas tecnologías en regiones tropicales es limitado (Galina *et al.*, 2001; Mejía-Bautista *et al.*, 2010) debido a varios factores que pueden desincentivar su implementación por parte de los productores, por ejemplo; información limitada (en algunos casos nula) sobre el manejo de estas prácticas zootécnicas, que la hacen parecer no pragmática en unidades de producción extensivas (Galina *et al.*, 2001; Vendramini *et al.*, 2006; Mejía-Bautista *et al.*, 2010; Hernández-Martínez *et al.*, 2011), el desconocimiento del costo del consumo de alimento comparado con el destete tradicional (7-8 meses de vida), y el manejo constante de los animales (Galina *et al.*, 2001; Blanco *et al.*, 2009).

No obstante, los programas de manejo para el destete temprano o para disminuir la frecuencia del amamantamiento, así como la complementación alimenticia estratégica de las vacas, son prácticos y rentables en producciones vaca-cría, comparados al manejo tradicional (sin destete temprano ni complementación alimenticia a la vaca), aunado a que el destete temprano mejora la condición corporal y las ganancias de peso de las vacas bajo condiciones de pastoreo, condiciones necesarias para obtener buenos resultados en la temporada de empadre (Galina *et al.*, 2001; Quintans *et al.*, 2004; Blanco *et al.*, 2009; Waterman *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2012). En este sentido, es necesario aprovechar los beneficios que se obtienen con el uso de estas técnicas de producción animal.

Por lo tanto, se plantea que, aunado a la separación del becerro durante la lactación temprana, es necesario complementar nutricionalmente a las vacas, con la intención de disminuir o inhibir los efectos negativos que el estatus nutricional y el amamantamiento ejercen sobre el desarrollo folicular y la ovulación después del parto, afectando la concepción temprana. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre las ganancias de peso y anestro posparto en vacas cárnicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los procedimientos realizados durante este experimento fueron respetando la NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, publicada en el Diario Oficial de la Federación sobre las Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio y experimentales, supervisada y autorizada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de los Estados Unidos Mexicanos.

Ubicación geográfica de la unidad de producción

El estudio se realizó en la unidad de producción pecuaria (UPP) San José, que se dedica a la producción de becerros para abasto, ubicada en Macuspana, Tabasco, México, localizada a 17° 45' 17" latitud Norte y 92° 33' 32" longitud Oeste, a una altura de 10 msnm, con clima tropical, temperatura y precipitación media anual de 26.4°C y 3,186 mm, respectivamente (INEGI, 2018).

Características de las hembras bovinas experimentales

Se seleccionaron 120 hembras Simbrah recién paridas (1-5 días), lactantes, con un rango de 2 a 5 partos y condición corporal de 3 a 3.5 en una escala de 1 a 5 según Pullan (1978), peso promedio de 468.5±13.2 kg, e identificadas conforme a los registros existentes de la UPP. Las vacas recibieron desparasitación interna (Levamisol, Lab. Genfar, dosis 1 mL/20 kg de peso vía im) y externa (Bayticol® Pour-on 1%, Lab. Bayer, dosis 10 mL/100 kg de peso vía tópica), y fueron vitaminadas (Vigantol® ADE, Lab. Bayer, dosis 5 mL vía im), y vacunadas contra derriengue (Nobivac® Rabia, Lab. Intervet, dosis 2 mL vía im), fiebre carbonosa (vacuna anticarbonosa, Lab. MSD, dosis 1 mL vía sc) y carbón sintomático (Bacterina triple C.E.S.®, Lab. MSD, dosis 5 mL vía im). Posteriormente, se identificaron con numeración progresiva.

Diseño experimental

Las vacas se distribuyeron aleatoriamente en un diseño factorial 2x2, los dos factores considerados fueron: tipo de amamantamiento (continuo y restringido) y complementación alimenticia (Con y Sin), lo cual generó cuatro tratamientos: T1) amamantamiento continuo con complementación alimenticia (ACCCA; n=30), T2) amamantamiento restringido sin complementación alimenticia (ARSCA; n=30), T3) amamantamiento restringido con complementación alimenticia (ARCCA; n=30) y T4) amamantamiento continuo sin

complementación alimenticia (ACSCA, n=30). Las vacas de los grupos T1 y T3 se mantuvieron en pastoreo rotacional en 150 ha divididas en 30 potreros de 5 ha sembrados con pasto MG5 (*Brachiaria Brizanta*; con 12% de proteína cruda (PC)), Humidicola (*Brachiaria Humidicola*; con 7.5% de PC) y se les proporcionó CA con alimento balanceado comercial (19% de PC y TND 73.26%), a razón de 4 kg por animal/día y sales minerales (8% de fósforo) *ad libitum* desde su inclusión en el estudio hasta quedar gestantes. Las vacas de los grupos T2 y T4 tuvieron el mismo manejo que las de T1 y T3, con excepción del complemento alimenticio.

Tipo de amamantamiento

Las vacas del T1 y T4 se mantuvieron con amamantamiento continuo (el becerro permaneció con la madre desde que nació hasta su destete a los 7 meses de vida), mientras que las de T2 y T3 estuvieron con amamantamiento restringido (el becerro permaneció con la madre desde que nació hasta los 15 días de vida, después se separó de ella y se dejó mamar una vez al día por la mañana (7:00 a 8:00 h), hasta su destete a los 3½ meses de vida).

VARIABLES DE ESTUDIO

Peso inicial, ganancia de peso, ganancia de peso total y peso al estro

El peso inicial se determinó pesando las vacas al inicio del estudio y posteriormente cada 15 días hasta presentar estro; con esta información se determinó la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso al estro.

Diagnóstico de gestación

Se realizó mediante ultrasonografía a los 45-60 días después de haber recibido servicio por monta natural, para lo cual se utilizó un ultrasonido portátil Mindray modelo DP-10 VET, con un transductor transrectal de 7.0 MHz, el cual se insertó por vía rectal y se colocó a lo largo de la superficie dorsal de los cuernos del útero, con la finalidad de encontrar el cuerno grávido.

Análisis estadístico

Para las variables de peso inicial, ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso al estro y anestro posparto, se realizó un análisis de varianza con modelo lineal general univariado en un arreglo factorial 2x2, los factores considerados fueron: tipo de amamantamiento (continuo y restringido) y complementación alimenticia (Con y Sin), dentro de este método se consideró como covariable la CC. Para determinar el efecto del tratamiento sobre la tasa (%) de gestación se analizó con una prueba de Chi-cuadrada y el % de la tasa de gestación se determinó con una regla de tres simple. Para determinar el efecto del tratamiento sobre las variables de peso inicial, ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso al estro, se realizó una prueba de correlación simple. Todas estas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences V. 15).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis factorial 2x2 mostró efecto del tipo de amamantamiento y CA (Tabla 1), indicando que los cambios en la ganancia de peso (GP; g/día), ganancia de peso total (GPT; kg) y peso al estro (PE; kg) se incrementan ($P<0.01$) y el anestro posparto (AP; días) se disminuyen ($P<0.01$), si se restringe el amamantamiento y se da CA a la vaca (Tabla 1). Se observó interacción entre el tipo de amamantamiento y CA, sobre la GP (0.88), GPT (0.77), PE (0.88) y AP (0.90) (Tabla 1), el efecto positivo del amamantamiento restringido, sobre los cambios de peso corporal y la disminución del AP, se potencializa al dar CA a la vaca (T3). La tasa de gestación (TG; %) fue mayor en las vacas del T3 (86.6, 26/30) comparados con T1 (60.0, 18/30), T2 (70.0, 21/30) y T4 (40.0, 12/30), ($P<0.05$) (Tabla 2). Se observó, una correlación positiva entre los tratamientos con la GP, GPT y PE (Tabla 3). Por lo tanto, la separación del becerro de manera estratégica aunado a la CA de la vaca, son un método eficiente para mejorar los cambios de peso corporal, disminuir los días abiertos e incrementar la tasa de gestación. Sin embargo, si no fuera posible dar CA a la

Tabla 1. Efecto del amamantamiento y la complementación alimenticia sobre los cambios en peso corporal y anestro posparto de vacas Simbrah (Media±EE).
Table 1. Suckling and dietary complementation effect on changes in body weight and postpartum anestrus of Simbrah cows (Mean±SEM).

Variable	CCA		SCA		EE	Amto ¹	Dieta ²	Interacción
	AC	AR	AC	AR				
Peso inicial (kg)	467.6	472.0	466.0	466.4	10	0.55	---	---
Ganancia de peso (g/día)	0.425	0.926	0.194	0.544	0.045	<0.01	<0.01	0.88
Ganancia de peso total (Kg)	78.4	74.0	50.0	79.4	8	<0.01	<0.05	0.77
Peso al estro (kg)	535.0	551.0	501.0	545.8	15	<0.01	<0.01	0.88
Anestro posparto (Días)	185.6	85.5	259.2	158.0	8	<0.01	<0.01	0.90

AC=Amamantamiento continuo

AR=Amamantamiento restringido

CCA=Con complementación alimenticia

SCA=Sin complementación alimenticia

¹Tipo de amamantamiento: continuo o restringido

²Tipo de dieta: con y sin complementación alimenticia

P<0.05 indica diferencia estadística significativa

Tabla 2. Tasa de gestación y número de vacas Simbrah gestantes por tratamiento.**Table 2.** Gestation rate and number of pregnant Simbrah cows per treatment.

Variable	Tratamientos			
	T1 (ACCCA) n=30	T2 (ARSCA) n=30	T3 (ARCCA) n=30	T4 (ACSCA) n=30
Tasa de gestación (%)	60.0 ^a (18/30)	70.0 ^b (21/30)	86.6 ^c (26/30)	40.0 ^d (12/30)

ACCCA=Amamantamiento continuo con complementación alimenticia
 ARSCA=Amamantamiento restringido sin complementación alimenticia
 ARCCA= Amamantamiento restringido con complementación alimenticia
 ACSCA= Amamantamiento continuo sin complementación alimenticia
^{a,b,c,d}Diferente literal entre filas indica diferencia estadística ($p < 0.05$)

Tabla 3. Matriz de correlaciones (r) entre el tratamiento y variables productivas en hembras Simbrah con valores de P.**Table 3.** Correlations matrix (r) between treatment and productive variables in females Simbrah with values of P.

	Tx	PI	GP	GPT	PE
Tx	1	-.014 (**)	.886 (**)	.774 (**)	.463 (**)
P=		.952	.000	.000	.001
PI		1	-.124 (**)	.563 (**)	.556 (*)
P=			.603	.000	.011
GP			1	.339 (*)	.886 (**)
P=				.016	.000
GPT				1	.746 (**)
P=					.000
PE					1

* La correlación es significativa a nivel 0.05 (bilateral)

** La correlación es significativa al nivel de 0.01 (bilateral).

Tx=tratamiento

PI=Peso inicial

GP=Ganancia de peso

GPT=Ganancia de peso total

PE=Peso al estro

vaca, se observa que, con el hecho de amamantar de manera restringida al becerro es suficiente para disminuir el anestro posparto.

La evidencia encontrada en este estudio indica que, el amamantamiento controlado en las condiciones que se desarrolló este experimento si mejoró la eficiencia reproductiva y la ganancia de peso de las vacas. Así, observamos que, el T2 tuvo mayor GP, PE, TG y menor AP comparado con T1 y T4. También se observó que, el amamantamiento controlado aunado a la complementación alimenticia en el posparto de las vacas, potencializa los efectos de este manejo, lo cual fue evidente en la GP, GPT, PE, AP y TG de T3 comparado con los grupos T1, T2 y T4.

Ahora bien, si analizamos de manera independiente los tratamientos, podemos inferir que, lo ideal productivamente hablando sería el amamantamiento controlado más la complementación alimenticia de las vacas (T3) y, aunque la parte financiera no fue tema de este estudio, lo cual nos per-

mitiría dar una sugerencia en este aspecto, hay otros autores (Galina *et al.*, 2001; Arthington y Kalmbacher, 2003; Quintans *et al.*, 2004; Hess *et al.*, 2005; Blanco *et al.*, 2009; Waterman *et al.*, 2012; Diskin y Kenny, 2014) que han respaldado que, el uso de estas tecnologías hace más eficiente productiva y financieramente el sistema de producción vaca-cría.

Por otro lado, considerando que, por alguna circunstancia no sea posible utilizar el amamantamiento controlado y la complementación alimenticia de la vaca juntas, el método del amamantamiento controlado (T2) es una opción que ofrece mejoras reproductivas y productivas significativas en comparación con la complementación alimenticia de la vaca sin separación del becerro (T1) o no darle ningún tipo de manejo a los animales (T4). En este sentido, estudios previos (Arthington y Kalmbacher, 2003; Arthington y Minton, 2004; Schultz *et al.*, 2005; Galindo-González *et al.*, 2007; Quintans *et al.*, 2009; Vittone *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012; Waterman *et al.*, 2012; Crowe *et al.*, 2014; Lopes-Silva *et al.*, 2015; Mondragón *et al.*, 2016; Diskin y Kenny, 2016) han demostrado que el destete temprano (DT) comparado con el amamantamiento continuo (AC) mejora la ganancia de peso (kg) (DT; 491±5.0 vs AC; 452±5.0), la tasa de gestación y de ovulación (%) (DT; 95.0 vs AC; 65.0 y DT; 100 vs AC; 75, respectivamente), condición corporal (1-9) (DT; 6.34±0.07 vs AC; 4.75±0.07), número de folículos (DT; 18±2 vs AC; 12±2), diámetro folicular (mm) (DT; 12.0±0.14 vs AC; 8.0±0.10), concentración plasmática de P₄ (ng/mL) (DT; 5.0±2.0 vs AC; 3.0±1.0) y E₂ (pg/mL) (DT; 110.0±25.0 vs AC; 30.0±15.0), y disminuye el periodo de anestro posparto (días) (DT; 90±10.0 vs AC; 134±16.0) de las vacas.

El amamantamiento en ganado cárnico criado bajo condiciones tropicales es uno de los principales factores que afectan el periodo de anestro posparto (Montiel y Ahuja, 2005; Quintans *et al.*, 2010; Waterman *et al.*, 2012). El destete precoz o el amamantamiento controlado, han sido recomendados como manejos enfocados en mejorar la eficiencia reproductiva (Galina *et al.*, 2001; Montiel y Ahuja, 2005). Lo cual, fue confirmado en nuestro estudio al comprobar que el amamantamiento controlado aportó mejoras productivas y reproductivas. Sin embargo, el mecanismo preciso mediante el cual el amamantamiento altera la función reproductiva no está totalmente comprendido (Montiel y Ahuja, 2005; Quintans *et al.*, 2009; Mondragón *et al.*, 2016), basándonos en la evidencia existente sobre la fisiología del periodo posparto sabemos que, después de un parto normal (sin complicaciones obstétricas), se requieren alrededor de 30 días para la involución uterina completa y posteriormente la restauración del eje hipotálamo-hipofisis-ovarios, en lo relativo a la síntesis y liberación de gonadotropinas (Diskin y Kenny, 2016).

Al momento del parto, la concentración de P₄ (ng/ml) y E₂ (pg/mL) se reducen a niveles basales (≤ 0.5 y ≤ 2 , respectivamente), y esto inhibe el efecto de retroalimentación negativa de la P₄ y E₂ (de origen lúteal y placentario) sobre la síntesis de la hormona foliculo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). Después de lo cual, la síntesis de la FSH es liberada en la circulación periférica y se observa un

incremento transitorio (± 30 ng/ml, entre 3-5 días posparto) lo cual ocurre subsecuentemente a intervalos de 7 a 10 días (Crowe *et al.*, 1998; 2014). El primero de estos incrementos estimula la primera oleada de crecimiento folicular posparto que, generalmente produce un FD de 7 a 10 días posparto (Murphy *et al.*, 1990; Savio *et al.*, 1990; Crowe *et al.*, 1993). Por otro lado, la recuperación de las reservas de LH en la pituitaria anterior es lenta en comparación con la FSH y, requiere de 2 a 3 semanas para completarse. Durante este periodo, las concentraciones circulantes y la frecuencia del pulso de LH son bajas, y este primer FD no ovula. Esta circunstancia, está presente en todas las vacas, invariablemente que sean ordeñadas o estén amamantando (Silveira *et al.*, 1993; Griffith y Williams, 1996). La evidencia indicaría que la mayoría (85%) de las vacas de carne serían capaces de ovular de 25-35 días después del parto (Crowe *et al.*, 1993; Duffy *et al.*, 2000; Mackey *et al.*, 2000; Crowe *et al.*, 2014). Sin embargo, esto no sucede, hasta ahora se ha aceptado el concepto de que el amamantamiento evita la secreción hipotalámica de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), necesaria para la síntesis de la LH, este efecto negativo reduce el desarrollo y la capacidad folicular de ovular un ovocito viable (Quintans *et al.*, 2009; Crowe *et al.*, 2014; Mondragón *et al.*, 2016).

Teóricamente, este proceso se da a través de la señal que se genera cuando el becerro se amamanta y activa las neuronas productoras de opioides que poseen asociación neural entre las neuronas productoras de GnRH ejerciendo un bloqueo de manera directa, afectando su liberación y en forma indirecta la secreción de LH (Pérez-Hernández *et al.*, 2001; Crowe, 2008; Crowe *et al.*, 2014). También, es conocido que, el efecto del amamantamiento es menos potente conforme avanza el periodo posparto, es decir, el mecanismo que prolongada la inactividad posparto puede ser atribuida al vínculo materno que se da con la cría, ya que se ha observado que una vaca amamantando a su propio becerro mantiene el patrón de supresión en la liberación de LH, sin embargo, si la vaca amamanta a un becerro que no sea el suyo, los pulsos de LH se reestablecen de manera normal como cuando se aproxima la ovulación (Williams *et al.*, 1996; Stevenson *et al.*, 1997). Esto se explica, a través de la teoría de que el amamantamiento del becerro incrementa la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa del estradiol producido por el ovario, resultando en baja secreción de LH y, a medida que el período postparto transcurre, el pulso generador de GnRH se vuelve menos sensible al estímulo del amamantamiento (García-Winder *et al.*, 1984; Pérez-Hernández *et al.*, 2001; Crowe *et al.*, 2014), pues se escapa de los efectos de retroalimentación negativa del estradiol. Esto resulta en incremento en secreción pulsátil de LH, surgimiento del pico preovulatorio de LH y ovulación (Pérez-Hernández *et al.*, 2001; Crowe, 2008), lo cual se puede lograr a partir de día 30 posparto mediante el amamantamiento restringido y/o aislamiento temporal (48 h) del becerro de su madre, resultando en un inmediato (de 2-5 días) incremento de la frecuencia pulsátil de LH, con lo cual hasta el 85% de las vacas pueden ovular el primer FD que esté presente en

respuesta a este incremento en la frecuencia pulsátil de LH (Stagg *et al.*, 1998; Sinclair *et al.*, 2002).

Por lo tanto, aunque hasta el momento no se haya esclarecido la vía mediante la cual, el amamantamiento afecta el anestro posparto, la evidencia presentada indica que, la vaca en posparto pasa por tres etapas fisiológicas antes de poder reiniciar sus funciones reproductivas: 1) involución uterina, para lo cual se requiere ≥ 30 días, 2) restauración del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, en lo relativo a la síntesis y liberación de gonadotropinas principalmente GnRH y LH, lo cual ocurre entre 25 a 35 días posparto y 3) inhibición y/o disminución de la sensibilidad a nivel hipotalámico y del vínculo materno para restaurar la liberación de hormonas gonadotropicas, que se puede inducir mediante el amamantamiento controlado y/o separación temporal del becerro a partir del día 30 posparto. No obstante, en este experimento también observamos que, independientemente del efecto que el amamantamiento ejerce sobre el reinicio de la actividad reproductiva posparto, también está presente un factor nutricional que fue observado en el T3 comparado con T1, T2 y T4.

El reinicio de la actividad reproductiva posparto, también se ve influenciado por el *estatus* nutricional que mantienen las vacas (Wettemann *et al.*, 2003; Waterman *et al.*, 2012; Diskin y Kenny, 2016). Si el consumo de nutrientes después del parto es inadecuado, ocasionará una marcada disminución en las reservas corporales de la vaca, afectando su comportamiento reproductivo, al incrementar el periodo de anestro posparto y disminuyendo la tasa de gestación (Diskin y Kenny, 2014; 2016). Desde un punto de vista biológico, es posible observar que los mamíferos favorecen la lactancia, durante la primera etapa de esta, sobre la fertilidad, ya que existe una priorización de los nutrientes (Lucy, 2003). Como en la primera etapa de la lactancia los nutrientes pueden resultar escasos, la hembra lactante invierte preferencialmente sus limitados recursos en la supervivencia del neonato, priorizando el sostenimiento de la cría sobre la viabilidad de ovocitos que aún no han sido ovulados, fertilizados y que debería mantener en caso de implantarse e iniciarse una nueva gestación (Wettemann *et al.*, 2003; Granja *et al.*, 2012). Es decir que, las funciones reproductivas como ciclicidad estral y el inicio de la gestación son funciones de escasa prioridad dentro de la escala de direccionamiento de nutrientes y, estas funciones solo serán activadas cuando la demanda de nutrientes para lactación, mantenimiento, crecimiento y reserva haya sido superada (Wettemann *et al.*, 2003; Granja *et al.*, 2012; Watanabe *et al.*, 2013). Con la evidencia presentada podría inferirse que, la duración del anestro posparto inicialmente se debe al efecto del amamantamiento, al menos durante el primer mes posparto. Sin embargo, posteriormente, el *estatus* nutricional que mantenga la vaca será el responsable de la actividad reproductiva y, por lo tanto, podemos predecir un desempeño reproductivo satisfactorio, siempre y cuando las vacas estén alimentadas adecuadamente (Wettemann *et al.*, 2003; Granja *et al.*, 2012; Diskin y Kenny, 2016). Sin embargo, el mecanismo por el cual

los factores nutricionales actúan sobre la reproducción es un tema complejo y no ha sido bien determinado (Wettemann *et al.*, 2003; Diskin y Kenny, 2016). Se ha reportado que, en vacas inducidas nutricionalmente en anestro, se presenta una disminución en la concentración plasmática de LH y la inhibición en la frecuencia de los pulsos de LH, lo cual ocurre como resultado de la reducción en la secreción de GnRH a nivel hipotalámico (Crowe *et al.*, 2014; Diskin y Kenny, 2016). Esto se ha atribuido a una sensibilización aumentada del hipotálamo a la retroalimentación negativa del estradiol producido por el ovario, durante la restricción alimenticia, sobre el hipotálamo y pituitaria, generando la disminución en la liberación pulsátil de GnRH y LH (Richards *et al.*, 1991; Crowe *et al.*, 2014).

Por otro lado, se ha reportado que, vacas con restricción alimenticia liberan más LH en respuesta a una inyección de GnRH comparadas con vacas en moderada o alta alimentación (Whisnant *et al.*, 1985; Rasby *et al.*, 1991), sugiriendo que la disminución o supresión en la secreción de LH en animales con restricción alimenticia no es debido a la falta de LH en la hipófisis anterior, sino, a la disminución en la liberación de GnRH. Sin quedar claro cómo se genera este proceso, se presume que, hay factores a nivel metabólico que modulan la función del pulso generador de GnRH y la respuesta de la hipófisis a esta (Lents *et al.*, 2008; Crowe *et al.*, 2014; Diskin y Kenny, 2016). Existen diferentes hipótesis que tratan de explicar cómo el anestro posparto, el desarrollo folicular y la ovulación pueden estar regulados por sustancias químicas cuya concentración sanguínea varía según el estado nutricional del animal (CC o reserva de grasa corporal) y que actúan simultáneamente como indicadores metabólicos a varios sitios del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios. Entre estos indicadores metabólicos se menciona a la leptina (Ciccioli *et al.*, 2003; Zieba *et al.*, 2005), el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I) (Richards *et al.*, 1991; Diskin *et al.*, 2003), y los ácidos grasos no esterificados (AGNE) (Salas *et al.*, 2003; Wettemann *et al.*, 2003). A estos indicadores se les atribuyen funciones en el control del desarrollo folicular, liberación de hormonas gonadotropicas durante el posparto (Funston, 2004; Lents *et al.*, 2008) y, es probable que sean importantes mediadores de los efectos de la ingesta alimentaria y el balance energético en los bovinos. Así, los niveles séricos de estas hormonas y factores de crecimiento que regulan dichas funciones y su desempeño, se ven afectados por los cambios en el peso corporal o estado nutricional que tienen las vacas en posparto (Diskin *et al.*, 2003; Barb y Kraeling, 2004).

Por lo tanto, con la evidencia presentada podría inferirse que, en la duración del anestro posparto hay influencia y/o interacción de varios factores y/o etapas fisiológicas que deben superarse y/o manipularse para reiniciar las funciones reproductivas: 1) involución uterina, 2) restauración del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, 3) inhibición y/o disminución de la sensibilidad a nivel hipotalámico y del vínculo materno para restaurar la liberación de hormonas gonadotropicas y, 4) mantener un estatus nutricional posparto adecuado para indicar metabólicamente al cuerpo del animal que existen las condiciones necesarias para reiniciar la actividad reproductiva.

CONCLUSIONES

El amamantamiento restringido y la complementación alimenticia incrementa la ganancia de peso, disminuye el anestro posparto y aumenta la tasa de gestación en vacas Simbrah. Aunque no está clara la vía mediante la cual el amamantamiento controlado, el destete temprano o precoz y, la complementación alimenticia ayuda a disminuir el anestro posparto, es innegable que, esta práctica zootécnica se vuelve una herramienta útil en el proceso de hacer más eficiente el desempeño reproductivo de vacas cárnicas. Para lo cual, es necesario considerar las etapas por las cuales debe pasar la vaca durante el posparto para controlar de manera eficiente el anestro y, al mismo tiempo seguir desarrollando investigación enfocada en develar las vías por las cuales la separación temporal o permanente del becerro de su madre reactiva el proceso reproductivo de las vacas.

LITERATURA CITADA

- Arthington, J.D., Kalmbacher, R.S. 2003. Effect of early weaning on the performance of three-year-old, first-calf beef heifers and calves reared in the subtropics. *Journal of Animal Science* 81:1136-1141.
- Arthington, J.D., Minton, J.E. 2004. The effect of early weaning on feed intake, growth, and postpartum interval in thin, Brahman-crossbred primiparous cows. *The Professional Animal Scientist* 20:34-38.
- Barb, C.R., Kraeling, R.R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Animal Reproduction Science* 82-83: 155-167.
- Barreiros, T.R.R., Blaschi, W., Santos, G.M.G., Morotti, F., Andrade, E.R., Baruselli, P.S., Seneda, M.M. 2014. Dynamics of follicular growth and progesterone concentrations in cyclic and anestrus suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with progesterone, equine chorionic gonadotropin, or temporary calf removal. *Theriogenology* 81:651-656.
- Bayemi, P.H., Nsongka, M.V., Leinyuy, I., Webb, E.C., Nchadji, J.M., Cavestany, D., Bryant, M. 2015. Effect of pre-partum feed supplementation on post-partum ovarian activity, milk production and calf growth of small holder dairy Cattle in Cameroon. *Tropical Animal Health Production* 47:153-158.
- Blanco, M., Villalba, D., Ripoll, G., Sauerwein, H., Casasus, I. 2009. Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in autumn-born bull calves. *Livestock Science* 120:103-105.
- Ciccioli, N.H., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., Lents, C.A., White, F.J., Keisler, D.H. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of beef cows. *Journal of Animal Science* 81:3107-3120.
- Crowe, M.A., Goulding, D., Baguisi, A., Boland, M.P., Roche, J.F. 1993. Induced ovulation of the first postpartum dominant follicle in beef suckler cows using a GnRH analogue. *Journal of Reproduction and Fertility* 99:551-555.
- Crowe, M.A., Padmanabhan, V., Mihm, M., Beitins, I.Z., Roche, J.F. 1998. Resumption of follicular waves in beef cows is not associated with periparturient changes in follicle-stimulating hormone heterogeneity despite major changes in steroid and luteinizing hormone concentrations. *Biology of Reproduction* 58:1445-1450.

- Crowe, M.A. 2008. Resumption of ovarian cyclicity in postpartum beef and dairy cows. *Reproduction of Domestic Animals* 43(5): 20-28.
- Crowe, M.A., Diskin, M.G., Williams, E.J. 2014. Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *Animal* 8(1):40-53.
- Diskin, M.G., Mackey, D.R., Roche, J.F., Sreenan, J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78:345-370.
- Diskin, M.G., Kenny, D.A. 2014. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal* 8(1):27-39.
- Diskin, M.G., Kenny, D.A. 2016. Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology* 86:379-387.
- Duffy, P., Crowe, M.A., Boland, M.P., Roche, J.F. 2000. Effect of exogenous LH pulses on the fate of the first dominant follicle in postpartum beef cows nursing calves. *Journal of Reproduction and Fertility* 118:9-17.
- Funston, R.N. 2004. Fat supplementation and reproduction in beef females. *Journal of Animal Science* 82:E154- E161.
- Galina, C.S., Rubio, I., Basurto, H., Orihuela, A. 2001. Consequences of different suckling systems for reproductive activity and productivity of cattle in tropical conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 72:255-262.
- Galindo-Gonzalez, S., Arthington, J.D., Yelich, J.V., Hansen, G.R., Lamb, G.C., De Vries, A., 2007. Effects of cow parity on voluntary hay intake and performance responses to early weaning of beef calves. *Livestock Science* 110:148-153.
- García-Winder M., Imakawa J., Day M.L., Zalesky D.D., Kittock R.J., Kinder J.E. 1984. Effect of suckling and ovariectomy on the control of luteinizing hormone secretion during the postpartum period in beef cows. *Biology of Reproduction* 31:771-778.
- Granja, Y.T., Cerquera, G.J., Fernandez, B.O. 2012. Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 4(2):458-472.
- Griffith, M.K., Williams, G.L. 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion. Expression of maternal selectivity, and lactational performance of beef cows. *Biology of Reproduction* 54: 761-768.
- Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., González-Razo, F.J., Guzmán-Soria, E., Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A. 2011. La cadena productiva de ganado bovino en el sur del estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 15(29):672-680.
- Hess, B.W., Lake, S.L., Scholljegerdes, E.J., Weston, T.R., Nayigihugu, V., Molle, J.D.C., Moss, G.E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science* 83:E90-E106.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2018. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=macuspana>
- Lents, C.A., White, F.J., Ciccio, N.H., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., Lalman, D.L. 2008. Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *Journal of Animal Science* 86:2549-2556.
- Lopes-Silva Filho, M., Rocha Bezerra, L., Ferreira-Silva, J. C., Póvoas Paulo Souto, F.M., Paula Oliveira, N.R., Fernandes de Lima, P., Coutinho Bartholomew, C., Lemos de Oliveira, M.A. 2015. Influence of biostimulation and temporary weaning on follicular dynamics and pregnancy rates in Nelore cows (*Bos Taurus indicus*). *Tropical Animal Health Production* 47:1285-1291.
- Lucy, M.C. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Supplies* 61:415-427.
- Mackey, D.R., Sreenan, J.M., Roche, J.F., Diskin, M.G. 2000. The effect of progesterone alone or in combination with estradiol on follicular dynamics, gonadotropin profiles, and estrus in beef cows following calf isolation and restricted suckling. *Journal of Animal Science* 78:1917-1929.
- Martins, P.G.M.A., Arthington, J.D., Cooke, R.F., Lamb, C.G., Araujo, D.B., Torres, C.A.A., Guimaraes, J.D., Mancio, A.B. 2012. Evaluation of beef cow and calf separation systems to improve reproductive performance of first-calf cows. *Livestock Science* 150:74-79.
- Mejía-Bautista, G.T., Magaña, J.G., Segura-Correa, J.C., Delgado, R., Estrada-León, R.J. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:289-301.
- Mondragón, V., Galina, C.S., Rubio, I., Corro, M., Salmerón, F. 2016. Effect of restricted suckling on the onset of follicular dynamics and body condition score in Brahman cattle raised under tropical conditions. *Animal Reproduction Science* 167:89-95.
- Montiel, F., Ahuja, C. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science* 85:1-26.
- Murphy, M.G., Boland, M.P., Roche, J.F. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 90:523-533.
- Pérez-Hernández, P., Sánchez-del Real, C., Gallegos-Sánchez, J. 2001. Anestro postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Investigación agraria. Producción y sanidad animales* 16(2):1-14.
- Pullan, N.B. 1978. Condition scoring of Fulani cattle. *Tropical Animal Health Production* 10:118-120.
- Quintans, G., Viñoles, C., Sinclair, K.D. 2004. Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment. *Animal Reproduction Science* 80:5-14.
- Quintans, G., Vázquez, A.I., Weigel, K.A. 2009. Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrus interval in primiparous cows under range conditions. *Animal Reproduction Science* 116:10-18.
- Quintans, G., Banchemo, G., Carriquiry, M., Lopez-Mazz, C., Baldi, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science* 50:931-938.
- Rasby, R.J., Wettemann, R.P., Geisert, R.D., Wagner, J.J., Lusby, K.S. 1991. Influence of nutrition and body condition on pituitary, ovarian, and thyroid function of non-lactating beef cows. *Journal of Animal Science* 69:2073-2080.
- Richards, M.W., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., Morgan, G.L. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin-like growth factor-I. *Biology of Reproduction* 44:961-966.
- Salas, G., Gutiérrez, E., Ortega, R., Hernández, J. 2003. Ácidos grasos no esterificados y condición corporal postparto de

- vacas Holstein en sistemas de producción a pequeña escala. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 37(2):139-143.
- Savio, J.D., Boland, M.P., Roche, J.F. 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in postpartum dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 88:581-591.
- Silveira, P.A., Spoon, R.A., Ryan, D.P., Williams, G.L. 1993. Evidence for maternal behavior as a requisite link in suckling-mediated anovulation in cows. *Biology of Reproduction* 49:1338-1346.
- Sinclair, K.D., Revilla, R., Roche, J.F., Quintans, G., Sanz, A., Mackey, D.R., Diskin, M.G. 2002. Ovulation of the first dominant follicle arising after day 21 postpartum in suckling beef cows. *Journal of Animal Science* 75:115-126.
- Schultz, C.L., Ely, D.G., Aaron, D.K., Burden, B.T., Wyles, J. 2005. Comparison of an early and normal weaning management system on cow and calf performance while grazing endophyte-infected tall fescue pastures. *Journal of Animal Science* 83:478-485.
- Stagg, K., Spicer, L.J., Sreenan, J.M., Roche, J.F., Diskin, M.G. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotrophin, and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biology of Reproduction* 59:777-783.
- Stevenson, J.S., Jaeger, J.R., Rettmer, I., Smith, M.W., Corah, L.R. 1997. Luteinizing hormone release and reproductive traits in anestrous, estrus-cycling, and ovariectomized cattle after tyrosine supplementation. *Journal of Animal Science* 75:2754-2761.
- Stevenson, J.S., Hill, S.L., Bridges, G.A., Larson, J.E., Lamb, G.C. 2015. Progesterone status, parity, body condition, and days postpartum before estrus or ovulation synchronization in suckled beef cattle influence artificial insemination pregnancy outcomes. *Journal of Animal Science* 93:2111-2123.
- Vendramini, J.M.B., Sollenberger, L.E., Dubeux, J.C.B., Interrante, S.M., Stewart, R.L., Arthington, J.D. 2006. Concentrate supplementation effects on forage characteristics and performance of early weaned calves grazing rye-ryegrass pastures. *Crop Science* 46:1595-1600.
- Vittone, J.S., Aller, J.F., Otero, G., Scena, C., Alberio, R.H., Cano, A. 2011. Destete precoz y desempeño reproductivo en vacas tratadas con progesterona intravaginal. *Archivos de Zootecnia* 60(232):1065-1076.
- Watanabe, U., Takagi, M., Yamato, O., Otoi, T., Tshering, Ch., Okamoto, K. 2013. Metabolic profile of Japanese black breeding cattle herds: usefulness in selection for nutrient supplementation to enhance reproductive performance and regional differences. *Journal of Veterinary Medical Science* 75:481-487.
- Waterman, R.C., Geary, T.W., Paterson, J.A., Lipsey, R.J. 2012. Early weaning in Northern Great Plains beef cattle production systems: I. Performance and reproductive response in range beef cows. *Livestock Science* 148:26-35.
- Wettemann, R.P., Lents, C.A., Ciccioli, N.H., White, F.J., Rubio, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science*. 81(2):E48-E59.
- Williams, G.L., Gazal, O.S., Guzmán-Vega, G.A., Stanko, R.L. 1996. Mechanism regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Animal Reproduction Science* 42:289-297.
- Whisnant, C.S., Kiser, T.E., Thompson, F.N., Hall, J.B. 1985. Effect of nutrition on the LH response to calf removal and GnRH. *Theriogenology* 24:565-573.
- Zieba, D.A., Amstalden, M., Williams, G.L. 2005. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: A comparative review. *Domestic Animal Endocrinology* 29:166-185.