

Actividad ovárica y comportamiento reproductivo posparto de vacas de doble propósito con y sin suplementación en el trópico subhúmedo de México

Ovarian activity and postpartum reproductive performance of dual-purpose cows with and without supplementation in the subhumid tropics of Mexico

Julia Armenta-Carmona¹, Fernando Centurión-Castro¹, Juan Gabriel Magaña-Monforte^{1,2}, Roger Delgado-León¹, José Candelario Segura-Correa¹, Carlos Aguilar-Pérez¹

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue caracterizar la actividad ovárica y el comportamiento reproductivo posparto de vacas de doble propósito en pastoreo con y sin suplementación. Se utilizaron 30 vacas multíparas *Bos taurus* x *Bos indicus* en la zona centro del estado de Yucatán, México. El peso y la condición corporal (CC) se registraron semanalmente y los ovarios fueron monitoreados mediante ecografía cada dos días. Se registró el número y el diámetro de los folículos, así como la presencia o no de cuerpo lúteo (CL). Solamente se consideró la presencia de folículos grandes (≥ 10 mm). Se determinó como actividad ovárica: el intervalo parto-primer folículo dominante (IPPF), el tiempo de permanencia del primer folículo dominante (TPPF), el número de folículos dominantes antes del primer estro (NFD AE) y antes del primer cuerpo lúteo (NFD ACL), y como desempeño reproductivo el intervalo parto-primer estro (IPPE), el intervalo parto-primer cuerpo lúteo

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, México

² E-mail: jmagana@correo.uady.mx

Recibido: 29 de mayo de 2021

Aceptado para publicación: 27 de noviembre de 2021

Publicado: 25 de febrero de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

(IPPCL) y la tasa de preñez (TP). Los efectos de la suplementación fueron significativos para la pérdida de peso y CC, TPPFD, IPPE ($p < 0.05$). La suplementación alimenticia mitigó las pérdidas de peso y CC pero tuvo efecto mínimo sobre la actividad ovárica y desempeño reproductivo posparto.

Palabras clave: actividad ovárica, comportamiento reproductivo, suplementación, vacas de doble propósito, trópicos

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the ovarian activity and postpartum reproductive performance of grazing dual-purpose cows with and without supplementation. In total, 30 *Bos taurus* x *Bos indicus* multiparous cows in the central zone of the state of Yucatán, Mexico were used. Body weight and body condition score (BCS) were recorded weekly, and the ovaries were monitored by ultrasound every other day. The number and diameter of the follicles were recorded, as well as the presence or absence of a corpus luteum (CL). Only the presence of large follicles (≥ 10 mm) was considered. Ovarian activity was defined as the calving to first dominant follicle interval (IPPF), the residence time of the first dominant follicle (TPPF), the number of dominant follicles before the first oestrus (NFD AE) and before the first CL (NFDACL), and the reproductive performance as calving to first oestrus interval (IPPE), the calving to first CL interval (IPPCL) and the pregnancy rate (PT). The effect of supplementation was significant for body weight loss and CC, TPPFD, IPPE ($p < 0.05$). Feed supplementation mitigated body weight and BCS losses but had minimal effect on ovarian activity and postpartum reproductive performance.

Key words: ovarian activity, reproductive performance, supplementation, dual-purpose cows, tropics

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina de doble propósito representan alrededor del 70% de ranchos y ganaderos en los trópicos y subtropicos (Rangel *et al.*, 2020), debido a su flexibilidad, así como una mejor inversión y necesidad de soporte técnico en comparación a sistemas más intensivos (Magaña-Monforte *et al.*, 2006; Rojo-Rubio *et al.*, 2009; Rangel *et al.*, 2020). Estos sistemas se caracterizan por el uso de animales cruzados de razas lecheras *Bos taurus* x *Bos indicus*, donde las vacas son ordeñadas con el becerro al pie para estimular la bajada de la leche. La base de su alimentación es el pastoreo directo de gramíneas nativas o introducidas

de bajo valor nutritivo y disponibilidad, sobre todo en la época de menor precipitación pluvial (Magaña-Monforte *et al.*, 2006; Aguilar-Pérez *et al.*, 2009; Peniche-González *et al.*, 2014). Esta situación no contribuye a satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas para la producción de leche durante el posparto temprano, provocando que las vacas pierdan peso y condición corporal para subsanar la demanda nutricional, en especial energía. Las vacas bajo esas condiciones experimentan un balance energético negativo, muchas veces severo, que va en detrimento del reinicio de la actividad posparto temprano (Montiel y Ahuja, 2005; Aguilar-Pérez *et al.*, 2009; Rojo-Rubio *et al.*, 2009; González-Padilla, 2018).

En vacas productoras de leche el grado del balance energético negativo durante el posparto temprano se correlaciona con los días a la primera ovulación (Roche *et al.*, 2000; Tanaka *et al.*, 2008), asimismo, la reducción del consumo de alimento modifica los patrones de desarrollo folicular en la vaca y contribuye a la variación en la respuesta ovulatoria (Hess *et al.*, 2005; Crowe, 2008; Aguilar-Pérez *et al.*, 2009; Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

Uno de los factores que condicionan el intervalo a la primera ovulación posparto es el desarrollo folicular que ocurre luego del parto, el cual está muy relacionado con el consumo de alimento (Kawashima *et al.*, 2012). A pesar de la importancia de estos eventos reproductivos, son escasos los estudios que relacionan el efecto de la nutrición sobre el desarrollo de la actividad ovárica en el posparto temprano en vacas de los trópicos. El objetivo del trabajo fue caracterizar la actividad ovárica y el comportamiento reproductivo durante 98 días posparto de vacas multíparas de doble propósito en pastoreo con y sin suplementación en el trópico subhúmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio y Animales

El trabajo se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. El clima de la región es cálido subhúmedo (AWO), con lluvias en verano, temperatura anual entre 25-28 °C, precipitación pluvial media de 984 mm y humedad relativa entre 75-80% (INEGI, 2004).

Se utilizó un experimento completamente al azar con 30 vacas multíparas de más de dos partos con diferente grado de encaste de *Bos taurus* x *Bos indicus*, con un peso promedio de 474.9 ± 58.3 kg y una condición corporal (CC) de 4.7 ± 0.8 en la escala del 1

al 9, donde 1= emaciadas y 9= obesas (Ayala *et al.*, 1995). Las vacas se ordeñaban con un equipo mecánico tipo Tandem de cuatro plazas y se realizaba dos veces al día (05:00 y 15:00 h) con el becerro al pie para estimular la bajada de la leche. El becerro se criaba bajo un esquema de amamantamiento restringido por 30 minutos después de cada ordeña y se le dejaba uno de los cuartos de la ubre durante los primeros 45 días de vida. Posteriormente, se ordeñaba la ubre completa y el becerro solo mamaba leche residual.

La obtención de datos de cada vaca se realizó desde el día del parto hasta 98 días posparto. Las vacas fueron introducidas al estudio conforme fueron pariendo y se formaron dos grupos al azar de 15 animales por grupo. Al grupo 1 (grupo con suplemento), además del pastoreo se le suministró un suplemento comercial y el grupo 2 (grupo sin suplemento) solo se mantuvo en pastoreo sin suplementación. Los animales de ambos grupos se mantuvieron en un solo lote en pasto Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*).

Pastoreo y Suplementación

Para el pastoreo, se utilizaron 14 ha de pasto Estrella de África bajo riego sin fertilizar. El pastoreo fue rotacional y el horario de pastoreo fue entre 08:00-14:00 y 17:00-05:00 h (posterior a cada ordeño). Todas las vacas tuvieron libre acceso a sales minerales y agua fresca durante su permanencia en el corral (antes y después de cada ordeño).

Las vacas del grupo 1 fueron suplementadas durante la ordeña, con un alimento comercial a base de cereales; sorgo, soya y salvado, con 16.3% de proteína cruda y 2.6 Mcal/KgMs de energía y fueron adaptadas al suplemento 15 días antes de la fecha estimada de parto. Para la asignación del suplemento se consideró un consumo total de materia seca (MS) del 3% del peso vivo al parto (Kearl, 1982). El concentrado fue asignado de manera que representara un 30% del consumo total estimado de MS (Combellas,

1998), manteniéndose fijo durante toda la prueba, y se dividió entre las dos ordeñas. En general se les proporcionaba un promedio de 4.3 ± 0.5 kg de concentrado comercial en base fresca por día.

Las vacas del grupo control solamente recibieron una cantidad mínima de salvado de trigo con el fin de mantenerlas quietas durante el ordeño. El salvado fue asignado a un 5% del consumo total estimado de MS (en promedio 300 g/vaca/ordeña).

Manejo Reproductivo, Peso y Condición Corporal

Las vacas estuvieron expuestas durante todo el estudio con dos toros fértiles Holstein x Cebú bajo un esquema de monta libre. Las vacas fueron observadas dos veces al día en periodos de media hora cada vez (07:00 y 17:00 h) para la detección del estro (Richards *et al.*, 1989). El criterio de inicio del estro fue la aceptación de la monta homosexual cuando menos en dos ocasiones o la monta directa del toro. La preñez se diagnosticó por ultrasonido a los 30, 60 y 90 días posparto, para calcular la tasa de preñez a los 90 días posparto.

El peso vivo se registró en una báscula ganadera con capacidad para 1500 kg y una precisión de 5 kg y la CC se evaluó visualmente. El peso vivo y la CC se registró por una misma persona cada siete días desde el parto hasta los 98 días posparto.

Ovarios y Folículos

Los ovarios fueron observados mediante un ecógrafo Pie Medical (Falco Vet-100, Holanda) equipado con un transductor lineal de 6-8 Mhz. Las estructuras observadas se registraron individualmente tomando en cuenta el número y el diámetro de los folículos; así como su ubicación en los ovarios para el seguimiento de su desarrollo. También se registró la presencia o ausencia del cuerpo lúteo. Las mediciones de las estructuras ováricas se realizaron cada segundo día a partir del

día 7 posparto y finalizaron cuando se completaron los 98 días posparto o cuando se diagnosticó preñez positiva.

Solamente se consideró la presencia de folículos grandes (folículos dominantes ≥ 10 mm; Perry *et al.*, 1991). Se determinó como actividad ovárica el intervalo parto-primer folículo dominante (IPPF), el tiempo de permanencia del primer folículo dominante (TPPF) (intervalo entre el día de su primera detección [≥ 10 mm] y el momento en que disminuyó por debajo de 10 mm), el número de folículos dominantes antes del primer estro (NFDAE) y del primer cuerpo lúteo (NFDAEL). Se consideró como comportamiento reproductivo el intervalo parto-primer estro (IPPE), el intervalo parto-primer cuerpo lúteo (IPPCL) y la tasa de preñez (TP).

Análisis Estadístico

Las variables de peso vivo, CC, IPPF, TPF, NFDAE, NFDAEL, IPPE e intervalo IPPCL fueron analizados mediante análisis de varianza considerando como unidades experimentales a los 15 animales por tratamiento. Para el análisis de las variables número de vacas que presentaron estro, número de vacas que presentaron primer CL posparto y tasa de gestación se utilizó la prueba exacta de Fisher. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 1999.

RESULTADOS

Peso Vivo y Condición Corporal

El peso promedio al parto de las vacas de los grupos con y sin suplemento fue de 481.0 y 467.0 kg, respectivamente, y la condición corporal al parto (CCP) fue de 4.7 y 4.6, respectivamente, sin diferencia significativa entre grupos. En ambos grupos de vacas se registró pérdida de peso y CC durante los 98 días posparto, siendo mayor en las vacas sin suplemento (-79 vs. -37 kg de peso vivo y -1.4 vs -0.5 de condición corporal)

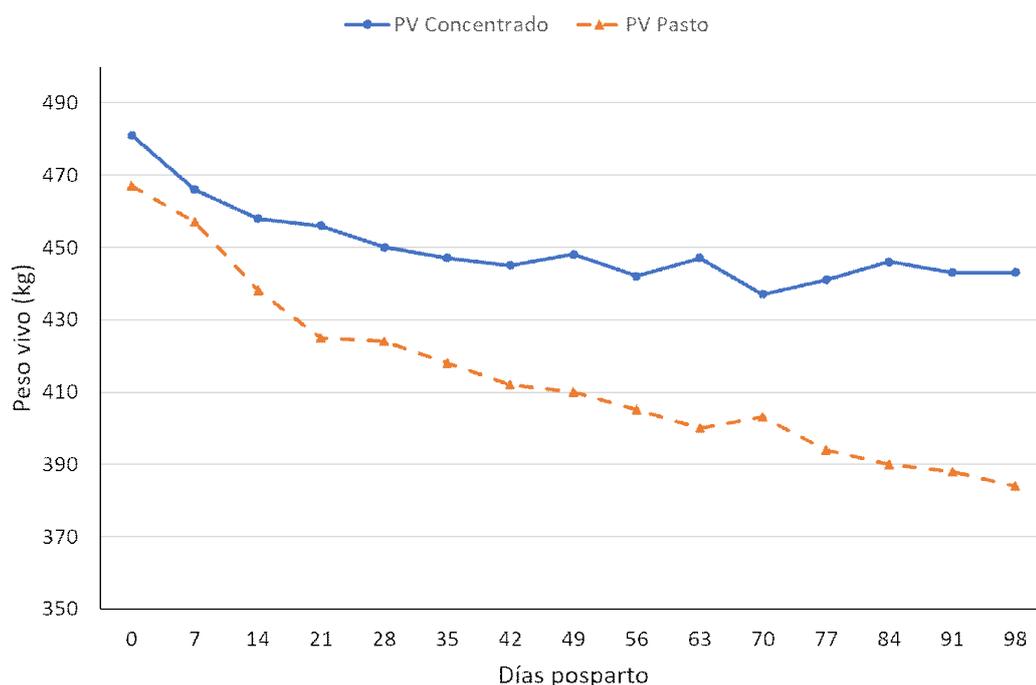


Figura 1. Cambios de peso vivo de vacas postparto *Bos taurus* x *Bos indicus* bajo dos esquemas de alimentación (solo pastoreo y pastoreo con suplementación)

Cuadro 1. Pérdida de peso vivo (PP) y condición corporal (CC), actividad ovárica y comportamiento reproductivo vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* con y sin suplementación durante los primeros 98 días postparto

Variable	Con suplemento (n=15)	Sin suplemento (n=15)	EEM	Valor P
Pérdida de peso (kg)	36.9	79.6	7.14	0.0002
Pérdida de CC	0.5	1.4	0.15	0.0003
IPPF (días)	25.5 (6/15) ¹	32.5 (4/15)	6.4	0.45
TPFD (días)	6.0 (6/15)	4.3 (4/15)	0.6	0.05
NFDAPE (n)	5.6 (6/15)	3.2 (4/15)	1.09	0.124
NFDAPCL (n)	4.3 (6/15)	7.0 (4/15)	1.5	0.162
IPPE (días)	41.0 (6/15)	69.2 (4/15)	8.51	0.038
IPPCL (días)	46.3 (6/15)	41.0 (1/15)	22.33	0.833

IPPF=Intervalo parto a primer folículo dominante; TPFD=Tiempo de permanencia del primer folículo dominante; NFDAPE=Número de folículos dominantes antes del primer estro; NFDAPCL=Número de folículos dominantes antes del primer cuerpo lúteo; IPPE=Intervalo parto a primer estro; IPPCL=Intervalo parto a primer cuerpo lúteo; EEM=Error Estándar de la Media

¹ Número de vacas para la estimación de las variables

($p < 0.05$; Cuadro 1). Es importante resaltar que la pérdida de peso vivo y de condición corporal del grupo suplementado fue hasta los 42 días posparto, mientras que en las vacas sin suplementación fue hasta el final del estudio (figuras 1 y 2).

Actividad Ovárica y Comportamiento Reproductivo

Se observó una pobre actividad ovárica posparto en ambos grupos de vacas (Cuadro 1). Los días de permanencia del folículo dominante fue mayor y el intervalo parto primer estro menor en las vacas con suplementación posparto ($p < 0.05$; Cuadro 1).

Las vacas suplementadas presentaron un intervalo parto primer folículo dominante menor de siete días en comparación con las vacas no suplementadas, pero dicha diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.45$). Tampoco resultaron significativas las diferencias para el número de folículos grandes (dominantes) antes del primer estro y antes del primer cuerpo lúteo posparto (Cuadro 1).

El intervalo parto primer cuerpo lúteo fue similar en las vacas de los dos tratamientos ($p > 0.833$); sin embargo, seis de 15 vacas en el grupo suplementado presentaron CL mientras que solamente una de las 15 vacas del grupo sin suplemento presentó CL durante la prueba. Por otra parte, la tasa de gestación fue baja, siendo de 27% en el grupo suplementado y de 7% en el grupo sin suplementación ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

Ambos grupos de vacas (sin y con suplemento) perdieron peso y condición corporal, aunque las pérdidas fueron mayores para las del grupo sin suplemento (17 vs 7.6% de peso y 1.4 vs 0.5 de CC), ya que los animales

requieren usar las reservas corporales para proporcionar la energía necesaria para la producción de leche, dado que la capacidad de consumo se encuentra disminuida (Butler, 2003; Freetly *et al.*, 2006; Wathes *et al.*, 2007; Aguilar-Pérez *et al.*, 2009; Kawashima *et al.*, 2012).

Las vacas de doble propósito manejadas bajo pastoreo de gramíneas y leguminosas y con acceso de suplementos de cereales tienden a mantener tanto el peso vivo como la condición corporal, mientras que las que no reciben el suplemento experimentan mayor balance energético negativo (Laflamme y Connor 1992; Pérez-Aguilar *et al.*, 2009; Tinoco-Magaña *et al.*, 2012; Peniche-González *et al.*, 2014), observándose la misma tendencia en el presente estudio.

Los cambios de peso vivo, CC y el balance energético negativo durante los primeros 20 días posparto afectan grandemente las funciones reproductivas de las vacas lecheras (Butler, 2003; Crowe, 2008; Tanaka *et al.*, 2008;). No obstante, las vacas de doble propósito con buena CC durante el posparto temprano presentaron un mayor número de folículos grandes (≥ 10 mm) que las vacas con pobre CC, mientras que la frecuencia de cuerpos lúteos no fue diferente por efecto de la CC (Domínguez *et al.*, 2007). A este respecto, Diskin *et al.* (2003) señalaron que en el posparto temprano de vacas de carne y de leche no suplementadas no afecta notoriamente el crecimiento de folículos pequeños y medianos a diferencia del crecimiento de folículos de mayor tamaño, impidiendo una posible ovulación, como se observó en el presente estudio (Cuadro 1).

El intervalo de la aparición del primer folículo dominante después del parto es variable. En vacas de carne con cría al pie se ha observado folículos ≥ 8 mm de diámetro desde el día 7 y aumentando hasta el día 42 (Spicer *et al.*, 1986) y la presencia de folículos dominantes el día 11 posparto, con un rango entre 5 y 39 días (Roche y Boland, 1991). En

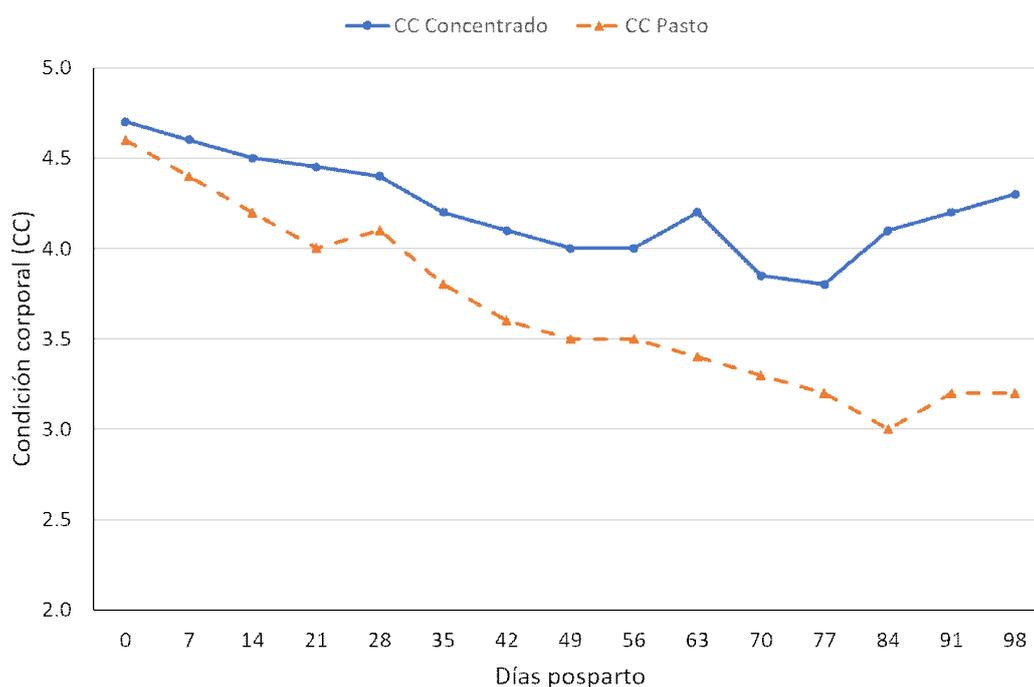


Figura 2. Cambios de condición corporal de vacas posparto *Bos taurus* x *Bos indicus* bajo dos esquemas de alimentación (solo pastoreo y pastoreo con suplementación)

vacas lecheras, Kawashima *et al.* (2012) señalaron que la primera onda folicular ocurre alrededor del día 5 posparto y el primer folículo dominante el día 10, aunque solamente cerca del 50% llega a ovular. En el presente estudio, el intervalo de la aparición del primer folículo dominante fue de 25 y 32 días en los animales con y sin suplemento, respectivamente. Ambos valores son mayores al promedio de días de aparición del folículo dominante mencionado por los otros autores, aunque dentro de los rangos citados (Cuadro 1).

La concentración de FSH circulante se incrementan en la primera semana posparto en vacas lecheras, independientemente de la dieta suministrada, iniciando el desarrollo de la primera onda folicular (Gong *et al.*, 2002), lo cual puede haber ocurrido en el presente estudio ya que no se observó diferencias en el intervalo al primer folículo entre grupos. Por otra parte, se ha observado que el balan-

ce energético negativo es generalmente mayor durante el periodo posparto temprano, aunque aparentemente no afecta la población de folículos de 3-5 o 6-9 mm presentes en los ovarios entre el día 8 y 25 posparto (Beam y Butler, 1997; Lucy *et al.*, 1999). Los resultados del presente estudio parecen estar de acuerdo con lo mencionado, ya que no se observó diferencias significativas entre los grupos en cuanto al intervalo parto primer folículo dominante, pero con solamente el 40 y 26% de las vacas suplementadas y no suplementadas, respectivamente.

El tiempo de permanencia del primer folículo dominante fue de 6 días en promedio en el grupo suplementado y de 4 días en el grupo con solo pastoreo ($p < 0.05$). La restricción de la dieta provoca decremento gradual de la tasa de crecimiento, del diámetro máximo y la permanencia del folículo dominante (Murphy *et al.*, 1991; Rhodes *et al.*, 1996).

Stephen *et al.* (1997) con vacas Holstein alimentadas con dietas con baja, media y sin adición de grasa reportaron que la permanencia del folículo de la primera onda que ovuló tuvo un rango de 3 a 19 días, pero fue más larga en promedio que el folículo de la primera onda que no ovuló (10.8 ± 1.1 . vs. 6.5 ± 1.1 días). Los resultados del presente trabajo coinciden con los resultados de Stephen *et al.* (1997), en particular con los del folículo de la primera onda que no ovuló.

Se puede especular que la permanencia corta del folículo de la primera onda que no ovula se debe en parte a su falta de capacidad esteroidogénica, ya que se ha observado diferencias en la producción de estradiol entre los folículos que ovulan y los que no ovulan (Stephen *et al.*, 1997), o bien a la insulina, ya que se conoce su efecto sobre la función de las células foliculares de varias especies, incluyendo el bovino o a los factores de crecimiento parecidos a la insulina IGF-1 (Spicer y Stewart, 1996). La permanencia de un folículo dominante representa la fase durante la cual dicho folículo aparece y se mantiene funcionando o deja de crecer, en espera de la señal que determinará su destino final: la maduración seguida de ovulación, o bien la atresia y su eventual desaparición.

No se observaron diferencias significativas entre grupos ($p > 0.05$) con respecto al número de folículos grandes antes del primer estro, situación similar al reporte de Domínguez *et al.* (2007) con vacas suplementadas antes y después del parto. Es bien conocido el hecho de que las vacas de carne que amamantan tienen un intervalo más largo del parto a la primera ovulación (Roche y Boland, 1991; Wettemann *et al.*, 2003), situación que concuerda con los resultados del presente estudio, ya que las vacas de ambos grupos presentaron varios folículos dominantes antes del primer estro y la aparición del primer CL posparto.

Se ha señalado que los cambios de peso vivo y de CC de vacas de carne durante el periodo posparto afectan tanto la duración del

anestro como la tasa de gestación (Montiel y Ahuja, 2005; Crowe, 2008). En el presente estudio, las vacas suplementadas presentaron el intervalo parto primer estro en un menor tiempo (41 días posparto) en comparación con las vacas del grupo solo pastoreo (69 días posparto) ($p < 0.05$). Estos intervalos, sin embargo, se encuentran dentro de los rangos establecidos en el ganado de carne (Mukasa-Mugerwa *et al.*, 1991; Bolaños *et al.*, 1996; Delgado *et al.*, 2004). En vacas multíparas, la CC al parto se ha identificado como el principal factor que afecta el intervalo del primer estro posparto y la tasa de gestación (Selk *et al.*, 1988). Short *et al.* (1990) argumentan que, si bien las pérdidas de CC después del parto prolongan la duración del anestro, sus efectos son amortiguados por una buena alimentación que permita llegar al parto con una CC adecuada. En el presente estudio fue evidente que la mayor pérdida de peso y CC en el grupo de solo pastoreo influyó marcadamente en el alargamiento del primer estro posparto y en el número de animales que presentaron estro antes de los 98 días posparto. Esto conlleva al intervalo de 550 días entre partos señalados en el trópico mexicano (Rojo-Rubio *et al.*, 2009).

La proporción de animales suplementados que presentaron CL fue de 40% en comparación con el 6% del grupo de solo pastoreo, con un intervalo parto primer CL de 46 y 41 días respectivamente ($p > 0.05$; Cuadro 1). En este sentido, Aguilar-Pérez *et al.* (2009) reportaron 58 y 30% de vacas con CL en los grupos suplementados y no suplementado, similar al estudio de Tinoco-Magaña *et al.* (2012) con 50% en vacas suplementadas y 33% en vacas no suplementadas. Sin embargo, Ruiz *et al.* (2008) y Domínguez *et al.* (2007) no encontraron este nivel de respuesta en vacas Holstein x Brahman o mestizas, respectivamente. En el presente caso, esta falta de significancia se debe tomar con reserva debido al pequeño número de animales que tuvieron CL. Asimismo, es probable que la pérdida de peso de las vacas de solo pastoreo (17%) no haya sido suficiente para pro-

vocar un retraso en la aparición del primer CL posparto. Diskin *et al.* (2003) señalan que los animales comienzan a presentar un estado de anestro cuando pierden un promedio de 22 a 24% de su peso inicial.

La tasa de gestación anual del ganado es uno de los indicadores más importantes para medir la eficiencia reproductiva en una explotación. Este indicador está condicionado por intervalo entre partos. En el trópico se reportan tasas de preñez de 37-40% a los 120 días posparto (Delgado *et al.*, 2004; Aban *et al.*, 2008), pudiendo mencionarse el estudio de Osorio-Arce y Segura-Correa (2002). En sistemas de producción de doble propósito reportaron a 120 días postparto evaluando más de 5000 vacas en diversas unidades de producción una tasa de gestación de 51.2% incluyendo debido principalmente a una alta incidencia de anestro posparto (Mukasa-Murgerwa *et al.*, 1991; Bolaños *et al.*, 1996). En un estudio en sistemas de producción de doble propósito en Yucatán, México con más de 5000 vacas, Osorio-Arce y Segura-Correa (2002) reportaron una tasa de gestación de 51.2% a los 120 días posparto. Asimismo, Aguilar-Pérez *et al.* (2009) Tinoco Magaña *et al.* (2012) encontraron grandes diferencias en tasas de gestación entre animales suplementados y no suplementados. En el presente trabajo, las vacas suplementadas presentaron 37% de gestación en comparación al 7% en el grupo no suplementado, aunque sin diferencia significativa.

Vacas que pierden un punto más de CC durante la lactancia temprana tienen mayor riesgo de baja fertilidad, retraso en el primer estro y la primera ovulación (Montiel y Ahuja., 2005; Lents *et al.*, 2008; Cavestany *et al.*, 2009). En el presente estudio, las vacas suplementadas solamente perdieron en promedio 0.5 puntos de CC mientras que las no suplementadas perdieron 1.5 puntos, aunque esta diferencia no fue significativa sobre los intervalos del parto al primer cuerpo lúteo y tasa de concepción si sobre el intervalo parto a primer estro.

CONCLUSIONES

La suplementación ayudó a mitigar las pérdidas de peso vivo y condición corporal posparto de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* al pastoreo sin afectar significativamente la actividad ovárica en términos del intervalo parto primer folículo dominante, número de folículo dominante antes del primer estro y número de folículos dominante antes del primer cuerpo lúteo, así como mejorando el comportamiento reproductivo en términos del tiempo de permanencia del primer folículo dominante, intervalo parto primer estro, pero no la tasa de preñez.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT por la beca para estudios de maestría del primer autor.

LITERATURA CITADA

1. **Ayala A, Honhold N, Delgado R, Magaña J. 1995.** A visual condition scoring scheme for *Bos indicus* and crossbred cattle. In: Anderson S, Wadsworth J (eds). Dual purpose cattle production research. Mexico: Proc IFS/ FMVZ-UADY. p 119-128.
2. **Aban JA, Delgado R, Magaña JG, Segura JC. 2008.** Factores que afectan el porcentaje de gestación a 120 días postparto en vacas cebú y sus cruza con europeo en el sureste de México. Av Investig Agropecu 12: 45-56.
3. **Aguilar-Pérez CF, Ku-Vera JC, Centurión-Castro J, Garnsworthy PC. 2009.** Energy balance, milk production and reproduction in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. Livest Sci 122: 227-233. doi: 10.1016/j.livsci.2008.09.004
4. **Beam SW, Butler WR. 1997.** Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in

- dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod* 56: 133-142. doi: 10.1095/biolreprod56.1.133
5. **Bolaños JM, Meneses A, Forsberg M. 1996.** Resumption of ovarian activity in zebu cows (*Bos indicus*) in the humid tropics: influence of body condition and levels of certain blood components related to nutrition. *Trop Anim Health Prod* 28: 237-246. doi: 10.1007/BF02240943
 6. **Butler WR. 2003.** Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest Prod Sci* 83: 211-218. doi: 10.1016/S0301-6226(03)00112-X
 7. **Cavestany D, Viñoles C, Crowe MA, La Manna A, Mendoza A. 2009.** Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim Reprod Sci* 114: 1-13. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.007
 8. **Combellas J. 1998.** Nivel de producción de leche y necesidad de concentrados en sistemas sustentados en pastos tropicales. *Arch Latinoam Prod Anim* 6(Suppl 1): 45-54.
 9. **Crowe MA. 2008.** Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reprod Domest Anim* 43(Suppl 5): 20-28. doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x
 10. **Domínguez CE, Garmendia J, Martínez N. 2007.** Influencia de la época de parto, la condición corporal y la suplementación sobre la actividad ovárica postparto de vacas mestizas bajo pastoreo mixto en el norte del Estado Guárico, Venezuela. *Rev Fac Cienc Vet UCV* 48: 37-50.
 11. **Delgado R, Magana JG, Galina C, Segura J. 2004.** Effect of body condition at calving and its changes during early lactation on postpartum reproductive performance of zebu cows in a tropical environment. *J Appl Anim Res* 26: 23-28. doi: 10.1080/09712119.2004.9706499
 12. **Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. 2003.** Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci* 78: 345-370. doi: 10.1016/S0378-4320(03)00099-X
 13. **Freetly HC, Nienaber JA, Brown-Brandl T. 2006.** Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows. *J Anim Sci* 84: 2157-2162. doi: 10.2527/jas.2005-534
 14. **Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R. 2002.** Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentration during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction* 123: 419-427.
 15. **González-Padilla E. 2018.** Presentación y resumen del documento del estado del arte de la red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical (REDGATRO). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en la ganadería tropical. Libro Técnico. 2ª ed. México: REDGATRO. p 20-43.
 16. **Hess BW, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle JDC, Moss GE. 2005.** Nutritional controls of beef cow reproduction. *J Anim Sci* 83: E90-E106. doi: 10.2527/2005.8313_supplE90x
 17. **[INEGI] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2004.** Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI. México. [Internet]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/aegeum/702825063979.pdf
 18. **Kawashima C, Matsui M, Shimizu T, Kida K, Miyamoto A. 2012.** Nutritional factors that regulate ovulation rate of the dominant follicle during the first follicular wave postpartum in high-producing dairy cows. *J Reprod Develop* 58: 10-16. doi: 10.1262/jrd.11-139N

19. **Kearl LC. 1982.** Nutrient requirements of ruminants in developing countries. International feedstuffs institute. Logan, USA. 381 p.
20. **Laflamme LE, Connor ML. 1992.** Effect of postpartum nutrition and cow body condition at parturition on subsequent performance of beef cattle. *Can J Anim Sci* 72: 843-851. doi: 10.4141/cjas92-096
21. **Lents CA, White FJ, Ciccioioli NH, Wettemann RP, Spicer LJ, Lalman DL. 2008.** Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *J Anim Sci* 86: 2549-2556. doi: 10.2527/jas.2008-1114
22. **Lucy MC, Bilby R, Kirby CJ, Yuan W, Boyd CK. 1999.** Role of growth hormone in development and maintenance of follicles and corpora lutea. *J Rep Fer S* 54: 49-59.
23. **Magaña-Monforte J G, Ríos-Arjona G, Martínez-González J C, 2006.** Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch Latinoam Prod Anim* 14: 105-114.
24. **Mukasa-Murgerwa E, Tegegne A, Ketema H. 1991.** Patterns of postpartum oestrus onset and associated plasma progesterone profiles in *Bos indicus* cows in Ethiopia. *Anim Reprod Sci* 24: 73-84. doi: 10.1016/0378-4320(91)90083-C
25. **Montiel F, Ahuja C. 2005.** Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci* 85: 1-26. doi: 10.1016/j.anireprosci.-2003.11.001
26. **Murphy MG, Enright WJ, Crowe MA, McConnel K, Spicer LJ, Boland MP, Roche JF. 1991.** Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle in beef heifers. *J Reprod Fertil* 92: 333-338. doi: 10.1530/jrf.0.0920333
27. **Osorio-Arce M and Segura-Correa J. 2002.** Reproductive performance of dual-purpose cows in Yucatan, Mexico. *Liv Res Rural Dev* 14(3). [Internet]. Available in: <https://www.lrrd.cipav.-org.co/lrrd14/3/Osor143.htm>
28. **Peniche-González IN, González-López ZU, Aguilar-Pérez CF, Ku-Vera JC, Ayala-Burgos AJ, Slorio-Sánchez FJ. 2014.** Milk production and reproduction of dual-purpose cows with restricted concentrate allowance and access to an association of *Leucaena leucocephala* and *Cynodon nlemfuen-sis*. *J Appl Anim Res* 42: 345-351. doi: 10.1080/09712119.2013.875902
29. **Perry RC, Corah LR, Cochran RC, Beal WE, Stevenson JS, Minton JE, Simms DD, et al. 1991.** Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins and first postpartum ovulation in suckled beef cow. *J Anim Sci* 69: 3762-3776. doi: 10.2527/1991.6993762x
30. **Rangel J, Perea J, De-Pablos-Here-dero C, Espinosa-García JA, Toro Mujica P, Feijoo M, Barba C, García A. 2020.** Structural and technological characterization of tropical smallholder farms of dual-purpose cattle in Mexico. *Animals* 10: 86. doi: 10.3390/ani100-10086
31. **Rhodes FM, Entwistle KW, Kinder JE. 1996.** Changes in ovarian function and gonadotropin secretion preceding the onset of nutritionally induced anestrus in *Bos indicus* heifers. *Biol Reprod* 55: 1437-1443. doi: 10.1095/biolreprod55.-6.1437
32. **Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. 1986.** Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci* 62: 300-306. doi: 10.2527/jas1986.-622300x

33. **Roche JF, Mackey D, Diskin MD. 2000.** Reproductive management of postpartum cows. *Anim Reprod Sci* 60: 703-712. doi: 10.1016/S0378-4320(00)-00107-X
34. **Roche JF, Boland MP. 1991.** Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 35: 81-90. doi: 10.1016/0093-691X(91)-90149-8
35. **Rojo-Rubio R, Vázquez-Armijo JF, Pérez-Hernández P, Mendoza-Martínez GD, Salem AZM, Albarrán-Portillo B, González-Reyna A, et al. 2009.** Dual purpose cattle production in Mexico. *Trop Anim Health Prod* 41: 715-721. doi: 10.1007/s11250-008-9249-8
36. **Ruiz AZ, Domínguez C, Martínez N, Pinto L, Drescher K, Rossini M, Pérez R, et al. 2008.** Efecto del nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, expresión de transportadores de glucosa y tolerancia a la insulina en vacas mestizas durante el posparto. *Zootec Trop* 26: 95-104.
37. **Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen JW, Mobley SL, Rasby RJ, Garmendia JC. 1988.** Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J Anim Sci* 66: 3153-3159. doi: 10.2527/jas1988.66123153x
38. **Short RE, Bellows A, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. 1990.** Physiological mechanism controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci* 68: 799-816. doi: 10.2527/1990.683799x
39. **Spicer JJ, Echternkamp SE. 1986.** Ovarian and follicular growth function and turnover in cattle: a review. *J Anim Sci* 62: 428-451. doi: 10.2527/jas1986.622428x
40. **Spicer LJ, Leung K, Convey EM, Gunther J, Short RE, Tucker HA. 1986.** Anovulation in postpartum suckled beef cows. 1. Association among size and numbers of ovarian follicles, uterine involution, and hormones in serum and follicular fluid. *J Anim Sci* 62: 734-741. doi: 10.2527/jas1986.623734x
41. **Spicer LJ, Stewart RE. 1996.** Interactions among basic fibroblast growth factor, epidermal growth factor, insulin, and insulin-like growth factor-I (IGF-I) on cell numbers and steroidogenesis of bovine thecal cells: role of IGF-I receptors. *Biol Reprod* 54: 255-263. doi: 10.1095/biolreprod54.1.255
42. **Stephen W, Beam W, Butler WR. 1997.** Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod* 56: 133-142. doi: 10.1095/biolreprod56.1.133
43. **Tanaka T, Arai M, Ohtani S, Uemura S, Kuroiwa T, Kim S, Kamomae H. 2008.** Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. *Anim Reprod Sci* 108: 134-143. doi: 10.1016/j.anireprosci.2007.07.013
44. **Tinoco-Magaña JC, Aguilar-Pérez CF, Delgado-León R, Magaña-Monforte JG, Ku-Vera JC, Herrera-Camacho J. 2012.** Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics. *Trop Anim Health Prod* 44: 1073-1078. doi: 10.1007/s11250-011-0042-8
45. **Wathes DC, Fenwick M, Cheng C, Bourne N, Llewellyn S, Morris DG, Kenny, et al. 2007.** Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology* 68: S232-S241. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007.04.006
46. **Wettemann RP, Lents CA, Cicciooli NH, White FJ, Rubio I. 2003.** Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *J Anim Sci* 81: E48-E59. doi: 10.2527/2003.8114_suppl_2E48x