



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2022; 12:1-21. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.251>

Revisión de Literatura. Recibido: 28/02/2022. Aceptado:12/09/2022. Publicado: 07/12/2022. Clave: e2022-18.
<https://www.youtube.com/watch?v=2pjtZqmxN78>

Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito

Nutritional deficiencies that affect to the return of postpartum ovarian activity in dual-purpose cattle



Avilés-Ruiz Ricardo^{1ID}, Barrón-Bravo Oscar^{1ID}, Alcalá-Rico Juan^{1ID}, Salinas-Chavira Jaime^{2ID}, Flores-Nájera Manuel^{3ID}, Ruiz-Albarrán Miguel^{*2ID}

¹Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP Km 55 carretera Tampico-Mante, Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas Km 5 carretera Cd. Victoria-Mante, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ³Campo Experimental La Laguna CIRNOC-INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. C.P. 27440. *Autor de correspondencia: Ruiz-Albarrán Miguel. E-mail: aviles.ricardo@inifap.gob.mx, barron.oscar@inifap.gob.mx, alcala.juan@inifap.gob.mx, jsalinasc@hotmail.com.mx, flores.manuel@inifap.gob.mx, miguel.ruiz@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Son diversos los factores nutricionales que afectan al reinicio de la actividad ovárica posparto en bovinos de doble propósito en la región tropical. En este manuscrito se describe la importancia de reducir el anestro posparto de las hembras con el propósito de lograr una mayor eficiencia reproductiva. Las secciones siguientes describen como cada componente de los alimentos ha afectado los parámetros reproductivos. En la mayoría de los estudios analizados se realizaron comparaciones de los parámetros reproductivos entre un grupo que recibe el tratamiento y el grupo control. Asimismo, se describe una serie de estrategias para mejorar la reproducción en bovinos doble propósito. Finalmente, se presenta las conclusiones e implicaciones prácticas.

Palabras clave: anestro posparto, actividad ovárica, eficiencia reproductiva, suplementación, requerimientos.

Abstract

Different nutritional factors affect the resumption of postpartum ovarian activity in dual-purpose cattle in the tropical region. First, this review establishes the importance of reducing postpartum anestrus in cows to achieve greater reproductive performance. Next sections describe how each nutritional component has affected reproductive parameters. In most of the studies analyzed, comparisons of reproductive parameters were made between a group receiving the treatment and the control group. Then, a series of strategies to improve reproduction in dual-purpose cattle were described. Finally, the conclusions and practical implications were presented.

Keywords: postpartum anestrus, ovarian activity, reproductive efficiency, supplementation, requirements.

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción de bovinos doble propósito se encuentran distribuidos principalmente en las regiones de clima tropical húmedo y tropical seco, donde el pastoreo es la base de la alimentación (González-Padilla *et al.*, 2019). Las



cruzas de la especie *Bos primigenius*, las subespecies *Bos primigenius indicus* (Cebú) y *taurus* (Suiza, Holstein, Jersey, Montbeliard y Simmental) son usadas en las regiones tropicales (Ríos-Utrera *et al.*, 2020). Además, el ganado doble propósito presenta un menor requerimiento nutricional y una partición de nutrientes diferente en comparación con el ganado con mérito lechero. Sin embargo, las deficiencias nutricionales de los forrajes y la falta de suplementación provocan una baja eficiencia reproductiva en ambos sistemas (Aguilar-Pérez *et al.*, 2009).

El anestro posparto prolongado afecta directamente la eficiencia reproductiva en los sistemas doble propósito (Rojo-Rubio *et al.*, 2009; Lassala *et al.*, 2020). El Anestro posparto es el periodo de tiempo del parto al reinicio de la actividad cíclica posparto o primer estro con ovulación (Pohler *et al.*, 2020), de tal manera que el reinicio de la etapa reproductiva posparto ocurre cuando la hembra bovina presenta un ciclo estral con ovulación que produce un ovocito viable. Sin embargo, se ha demostrado que los principales factores que determinan la duración del anestro posparto en ganado doble propósito son la época de parto y la paridad (Hernández-Reyes *et al.*, 2000); el amamantamiento y la nutrición (Montiel & Ahuja, 2005; Rojo-Rubio *et al.*, 2009). Ésta última, está muy relacionada con factores como la pérdida de condición corporal, balance energético negativo y desórdenes metabólicos, además, patologías uterinas, salud de la ubre y problemas podales en vacas altas productoras de leche (Walsh *et al.*, 2011). Por lo que es necesario que el animal cubra sus necesidades nutricionales para mantener una adecuada condición corporal durante el pre y posparto (Montiel-Olguín *et al.*, 2018). Esto permitirá mejorar la síntesis de hormonas esenciales en cantidades suficientes para que no se vea afectado el desarrollo folicular, la calidad del ovocito, la función de cuerpo lúteo y la posterior sobrevivencia del embrión (Robinson *et al.*, 2006). Para ello, lo más recomendable es que la vaca logre la concepción entre los 75 y 85 días posparto. De tal manera que, la suma del tiempo de anestro posparto, más la duración de la gestación equivale a un ciclo anual en la vaca (Bolaños, 2020). Así, la eficiencia reproductiva del ganado de doble propósito está influenciada por la capacidad de reiniciar la actividad cíclica lo antes posible después del parto (Butler, 2003). Por lo que la presente revisión tiene el objetivo de abundar en cómo y cuánto influyen las deficiencias nutricionales del forraje en el reinicio de la actividad ovárica posparto en ganado bovino doble propósito.

Necesidades nutricionales

El ganado doble propósito con 50 % de genes de *Bos taurus* representan los genotipos óptimos para la región tropical húmeda (López *et al.*, 2010). Aunque Arce *et al.* (2017) encontraron que el genotipo no tuvo un efecto significativo sobre el intervalo entre partos. En cambio, la craza Holstein x Cebú se considera la más apropiada para producción de leche (Vite-Cristóbal *et al.*, 2007). Además, esta craza presenta menores requerimientos nutricionales y diferente partición de los nutrientes en comparación con las vacas con alto



mérito lechero. De tal manera que se esperaría que tanto la magnitud y la duración del balance energético negativo (BEN) serían diferentes en estos bovinos por su menor potencial para la producción de leche. También estos genotipos muestran mayor respuesta a la suplementación energética adicional en la lactancia temprana, mejorando o eliminado el BEN y aumentando su desempeño productivo y reproductivo (Aguilar-Pérez *et al.*, 2009). Al respecto, Garmendia (2005) recomienda la suplementación cuando: 1) La oferta forrajera es baja, de 3 a 6 toneladas de materia seca/año, 2) Existen limitaciones energéticas durante los periodos preparto y posparto, dado que la restricción alimenticia antes del parto afecta la condición corporal del animal, y en el posparto influye en la secreción de hormonas esenciales para el reinicio de la actividad cíclica reproductiva, 3) Se tiene un bajo aporte de proteína en la dieta, esencial para una adecuada tasa de preñez en vacas y novillas, 4) Se tienen animales que no han culminado su crecimiento y en animales gestantes para garantizar la viabilidad del becerro y el reinicio de los ciclos reproductivos posparto, 5) Se tienen vacas lactantes que pierden rápidamente condición corporal y se encuentran en una época crítica de limitación de forrajes (temporada seca), y 6) En la dieta el contenido de fósforo es menor a 0.20 %, ya que se afecta el consumo voluntario y la fermentación ruminal de la materia seca, causando desbalances en la producción de gases ruminales y de proteína microbiana, afectando la reproducción.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de vacas de doble propósito con 10 kg de leche/día

Peso vivo kg	Consumo					
	MS kg/día	PM g/día	PC g/día	EM Mcal/día	Ca g/día	P g/día
400	9.2	778	1788	19.2	37	24
450	10.1	814	1870	20.3	39	26
500	11.0	848	1949	21.3	41	28
550	11.9	882	2027	22.4	42	30
600	12.7	915	2103	23.4	23	32

MS: materia seca; PM: proteína metabolizable; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable; Ca: calcio; P: fósforo.
(Adaptada de Anrique, 2014).

Reinicio de la actividad cíclica posparto en ganado

El periodo de anestro en el ganado de producción cárnica puede variar dependiendo de los efectos de la lactancia, la relación o vínculo madre-cría, la nutrición y los problemas al parto (Pohler *et al.*, 2020), así como de la infección uterina, deficiencia proteica, el empadre precoz, parasitismo y estrés ambiental (Bolaños, 2020); incluso la época de parto y la paridad (Hernández-Reyes *et al.*, 2000); el día de la semana en que ocurre el parto y el tamaño del hato afectan el desempeño reproductivo (Montiel-Olguín *et al.*, 2020). Sin embargo, en el ganado doble propósito son el amamantamiento y la nutrición



los principales factores que pueden modificar la ciclicidad ovárica de la hembra (Montiel & Ahuja, 2005; Rojo-Rubio *et al.*, 2009). No obstante, se ha encontrado también que la condición corporal y el balance energético (ingesta de materia seca) son los factores que más contribuyen en la frecuencia de pulsos de Hormona Luteinizante (LH) para lograr la primera ovulación. Además, se ha observado que estos factores afectan indirectamente sobre la salud uterina en el posparto en ganado productor de carne y leche (Crowe *et al.*, 2014). Con menor investigación, en ganado doble propósito se ha reportado que la mastitis es un factor negativo sobre la eficiencia reproductiva de la vaca (Bacha & Regassa, 2010; Nava-Trujillo *et al.*, 2010). Otros factores a considerar son manejo del semen al momento del servicio, entre muchos otros factores, la deposición en cuanto número de espermatozoides en el sitio ideal del tracto reproductivo en el tiempo del ciclo estral apropiado y el estrés calórico (López-Gatius, 2012). De este modo, el anestro posparto o puerperio se define como el tiempo transcurrido desde el momento del parto hasta que las funciones reproductivas son restauradas, de tal manera que pueda ocurrir un servicio efectivo y por consiguiente una gestación. Simultáneamente a esta regeneración, se da un aumento progresivo de la frecuencia de los pulsos de LH circulantes, el cual es fundamental para el establecimiento de ciclos estrales normales después del parto (Pohler *et al.*, 2020). Al respecto, Diskin *et al.* (2003) en su revisión bibliográfica mencionaron que el estado nutricional de los bovinos es un factor importante que afecta el crecimiento folicular, la maduración y la capacidad ovulatoria y que el reinicio de la actividad ovárica está relacionado con una frecuencia reducida en los pulsos de LH, la cual es controlada por la liberación de GnRH del hipotálamo. Por lo tanto, un retraso del parto al primer estro con ovulación es causado por la carencia de pulsos de LH, lo cual es resultado de una inhibición por amamantamiento de las crías en razas cárnicas (30-130 días) y una elevada producción en razas lecheras (25-45 días; Crowe, 2008). Al ocurrir lo anterior, la vaca no puede llegar a la concepción (Lucy *et al.*, 1992; Robinson *et al.*, 2006).

En vacas altas productoras de leche, se ha demostrado que los principales factores que determinan la duración del anestro posparto están muy relacionados con situaciones como la pérdida de condición corporal y BEN, desordenes metabólicos y patologías uterinas, salud de la ubre y cojera (Walsh *et al.*, 2011).

Walsh *et al.* (2011) consideran que, los puntos que hay que atender para reducir el problema de la baja fertilidad en ganado son: primeramente, minimizar el BEN pre y posparto; asegurar la expresión y detección de estro en la vaca seguida por la inseminación artificial; lograr la ovulación y fertilización de un ovocito de alta calidad; seguido de esto, provocar un rápido aumento de la síntesis de progesterona del cuerpo lúteo, simultáneamente, garantizar que el endometrio uterino produzca rápido un ambiente apropiado para estimular el desarrollo del embrión y por último, conseguir que el embrión produzca cantidades adecuadas de interferón- τ , el cual es un factor antiluteolítico que impide la lisis del cuerpo lúteo en rumiantes y que de una manera coordinada y local entre embrión-útero-ovario mantiene la preñez. El interferón- τ actúa



en las células uterinas para inhibir la transcripción de ciertos genes y anular el desarrollo del mecanismo luteolítico endometrial. Los mecanismos moleculares involucrados en el silenciamiento de la expresión de dichos genes por el interferón- τ probablemente se deban a que el interferón- τ induce la expresión de otro factor, el cual es un potente represor de la transcripción de enzimas uterinas (Thatcher, 2017). No obstante, todo lo anterior puede ser limitado debido a deficiencias nutricionales causadas por la baja calidad de los forrajes o una reducida ingesta de materia seca posparto. Por ejemplo, la concentración de progesterona en sangre es un factor que adquiere mayor relevancia en las vacas lecheras altas productoras, debido a que sus cuerpos lúteos producen menos progesterona y a que esta hormona se elimina más rápido de la sangre, debido al elevado metabolismo hepático (Hernández, 2016).

Factores nutricionales que afectan al reinicio de la actividad cíclica posparto

Los sistemas de producción de bovinos doble propósito se encuentran principalmente en las regiones de clima tropical húmedo y tropical seco, el pastoreo es la base de la alimentación (González-Padilla *et al.*, 2019) en agostadero y praderas disponibles en la región (Garay-Martínez *et al.*, 2020). Además, el ganado doble propósito en el trópico presenta un menor requerimiento nutricional y una partición de nutrientes diferente en comparación con el ganado con mérito lechero, la deficiencia nutricional de los forrajes provoca una baja eficiencia reproductiva en ambos sistemas (Aguilar-Pérez *et al.*, 2009). La complementación alimenticia se utiliza con mayor frecuencia durante las épocas climáticas con baja disponibilidad de pasto, principalmente en la sequía (Granados-Rivera *et al.*, 2018), siendo la más común con concentrados comerciales (Lassala *et al.*, 2020). Sin embargo, ofrecer una complementación alimenticia en etapas fisiológicas estratégicas de los bovinos doble propósito se correlaciona con un incremento en la producción de leche (Bautista-Martínez *et al.*, 2017) y con una mejor eficiencia reproductiva, por lo que la complementación alimenticia debiera ser una práctica de manejo permanente e independiente de la época climática (Granados-Rivera *et al.*, 2018). El impacto que representa deficiencia de nutrientes sobre los parámetros reproductivos en ganado bovino, enfocándose principalmente a los sistemas doble propósito se presenta a continuación.

Deficiencia de energía

En rumiantes, la actividad reproductiva está asociada con la disponibilidad de energía. La deficiente disponibilidad de glucosa provocada por un menor consumo de materia seca y una alta demanda de síntesis láctea, comprometen al animal a entrar a un BEN (Chandra *et al.*, 2011). Aunado a esto, un aumento de la cetogénesis es uno de los requerimientos para una buena adaptación hepática, para incrementar la demanda energética en el periodo inmediatamente después del parto, de esta forma los cuerpos cetónicos son un recurso de energía alternativo muy importante para el tejido cuando la



glucosa está siendo redireccionada a la glándula mamaria (Herdt, 2000). Sin embargo, puede ser nocivo para el animal provocando cetosis.

La suplementación energética evita o disminuye el BEN. De esta manera, las vacas que no son suplementadas previo y posterior al parto muestran un BEN profundo posparto, cuyo punto más bajo es llamado “nadir”, tardando más tiempo en alcanzar un balance energético positivo (Aguilar-Pérez *et al.*, 2009). En un estudio realizado en vacas de producción de carne de edad variada, se utilizó la suplementación durante el último tercio de la gestación consistente en grano entero de soya (1.36 kg/día) en comparación con un suplemento a base de harina de soya/cáscara (1.56 kg/día), las vacas alimentadas con el primer suplemento en edad adulta representaron una actividad ovárica mayor al inicio y al final de la época reproductiva en comparación con las que fueron alimentadas con un suplemento a base de harina de soya/cáscara (Banta *et al.*, 2008).

De igual forma, Aguilar-Pérez *et al.* (2009) encontraron que la suplementación con concentrados a base de cereales mejora los parámetros reproductivos en los bovinos. En este estudio, la suplementación consistió de sorgo (69 %), soya (14 %), salvado de trigo (15 %) y minerales (2 %). Estos cereales en su conjunto contenían 878 g/kg de materia seca, 168 g de proteína cruda/kg de materia seca y 11.8 MJ de energía metabolizable/kg de materia seca (2.82 Mcal de EM/kg de MS), ofreciendo el 0.9 % del peso vivo. Para el grupo control solamente se ofreció salvado de trigo y minerales (15 % y 2 %, respectivamente). Cabe mencionar que el ganado utilizado para este estudio fue doble propósito (Holstein x Cebú) en pastoreo en la lactancia temprana de las regiones tropicales de México. Las vacas suplementadas presentaron un porcentaje mayor de ovulación en comparación con el grupo control (58 % y 30 %, respectivamente) y mayor tasa de gestación al día 90 posparto (47 % y 22 %, respectivamente) y menor intervalo del parto al primer estro (62.8±6.9 días y 68.2±3.8 días, respectivamente), por lo que esta suplementación tiende a mejorar los parámetros reproductivos.

En los bovinos (Suizo x Cebú) en pastoreo *Cynodon nlemfuensis*, la adición de un suplemento energético en la dieta (sorgo molido al 0.4% de peso vivo) ayudó a mejorar la actividad cíclica posparto, acortando el intervalo del parto a la aparición del primer cuerpo lúteo (ultrasonografía, dos veces a la semana durante el estudio) en vacas suplementadas. Así mismo, la mayor tasa de gestación de las vacas doble propósito suplementadas (40±10 vs. 51±10 días) no pudo ser explicada por el estatus nutricional, sugiriendo efectos adicionales de la energía de suplementación mediada por las hormonas metabólicas, las cuales originan una mayor síntesis de progesterona en las células luteales que se asocian con un aumento en la tasa de concepción en las vacas suplementadas (42% vs. 0%; Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

Recientemente, en un estudio realizado por De Souza *et al.* (2019) en vacas lecheras de raza Holstein encontraron que, al ser suplementadas con ácido palmítico durante las



primeras tres semanas posteriores al parto, periodo fresco, observaron que el ácido palmítico incrementa la concentración de betahidroxibutirato plasmático durante la primera semana después del parto comparado con el grupo control. La importancia radica en que la cetogénesis, proceso por el cual los ácidos grasos se transforman en betahidroxibutiratos, la cual tiene lugar en las mitocondrias de las células hepáticas y puede ocurrir en respuesta a la falta de disponibilidad de glucosa en sangre (Robinson y Williamson, 1980). La producción de betahidroxibutiratos se inicia para hacer disponible la energía principalmente a partir de ácidos grasos. Por lo tanto, concentraciones elevadas de betahidroxibutirato plasmático como marcadores de un BEN excesivo revelan una disminución en el rendimiento reproductivo (Chapinal *et al.*, 2012). Concentraciones de betahidroxibutirato plasmático de 10 a 14 mg/dL tienden a incrementar el riesgo de un desorden metabólico (desplazamiento de abomaso, metritis, cetosis clínica) y 15 % menos probable de quedar gestante después de un periodo voluntario de espera de 70 días. Aunque en este estudio, el ácido palmítico incrementó la concentración de betahidroxibutirato plasmático en la primera semana de periodo fresco, inmediatamente después se presentó una pronunciada disminución que no representa riesgo. Por lo tanto, los investigadores concluyeron que las concentraciones de betahidroxibutirato plasmático por la suplementación con ácido palmítico probablemente están asociadas con un aumento en la partición de nutrientes hacia la glándula mamaria más que como un indicador de una disfunción metabólica. Esta estrategia alimenticia reduce el BEN y evita la pérdida de condición corporal de la vaca posparto.

Deficiencia de proteína

Bolaños (2020) sugiere evitar una subalimentación proteica de la vaca en la dieta durante el periparto, dado que el sistema inmunitario a través de la formación de anticuerpos (compuestos de proteínas) son los encargados de capturar y digerir las bacterias que entran en el sistema reproductivo durante el parto causantes de infecciones uterinas. La inflamación en respuesta a la presencia de bacterias en el tracto reproductor tiene efectos negativos en la eficiencia reproductiva; en este sentido, el investigador considera que la carencia de un nivel proteico adecuado en la dieta es una causa de metritis. Por otro lado, Garmendia (2005) comentó que una vez agotadas las reservas proteicas en el organismo, la falta de proteína limita la producción de leche en primera instancia y la síntesis de inmunoglobulinas, por lo que la competencia inmunitaria se ve comprometida. El resultado de ello, es una mayor predisposición a la aparición de patologías durante y después del parto, como es la retención de membranas fetales.

La baja calidad proteica de los pastos no mejorados, donde se realiza el pastoreo de rumiantes, no cubre los requerimientos nutricionales. La proteína produce una mayor respuesta sobre el consumo de materia seca. Conforme aumenta el contenido de proteína cruda de los forrajes, la magnitud de las respuestas en producción debido a la



suplementación adicional con proteína puede no estar relacionada a cambios en el consumo de forraje, sino a cambios en la digestibilidad del forraje o a la eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes, incluyendo los efectos de la proteína degradable y no degradable. Debido al alto contenido de proteína degradable de los pastos, la suplementación de proteína no degradable (sobrepaso) puede mejorar el desempeño en pastoreo (Kawas, 2007).

Lara *et al.* (2015) realizaron un estudio, cuyo objetivo fue evaluar las concentraciones de progesterona y LH durante el posparto en respuesta a diferentes dosis de metionina de sobrepaso o protegida (0, 8, 16 y 24 g/día). El estudio se llevó a cabo en un rancho experimental en México con vacas lecheras raza Holstein durante 96 días en el posparto temprano. Aun cuando, los resultados mostraron que existió una mayor concentración de progesterona en los tres primeros ciclos en aquellas vacas que fueron alimentadas con el aminoácido protegido o de sobrepaso, las concentraciones de LH, que producen el pico preovulatorio, no fue diferente estadísticamente. Por lo que concluyeron que la suplementación con metionina protegida a vacas durante el posparto parece mejorar la función del cuerpo lúteo, sin lograr un pico de LH mayor en comparación con las vacas que no son suplementadas. En la revisión bibliográfica de Alvarez-Cardona *et al.* (2019) mencionan que la acción de los aminoácidos neuroestimuladores estimulan la secreción de las gonadotropinas adenohipofisarias y, por lo tanto, regula el control de los eventos fisiológicos gonadales.

Deficiencia de vitaminas

Las vitaminas juegan un rol indispensable en los procesos reproductivos. Los requerimientos nutricionales para la vitamina A, D y E son 2123-3685, 579-1004 y 16-27 UI/kg de materia seca, respectivamente para vacas de 400 a 600 kg (Anrique, 2014). Por ejemplo, las deficiencias de estas vitaminas ocasionan un alto porcentaje (80%) de casos de retención de membranas fetales, debido a la falla de la separación de la unión feto-maternal (Ndiweni y Finch, 1996). Aunque los mecanismos asociados con la separación del tejido fetal y materno son poco entendidos, han existido sugerencias de actividad leucocitaria insuficiente inmediatamente después del parto, resultando en un rompimiento de colágeno inadecuado del tejido y, por lo tanto, una falla de la separación del tejido (Kimura *et al.*, 2002). Además, para que las vellosidades coriónicas lleguen a ser desalojadas de las criptas del lado materno de la placenta, se debe lograr una vasoconstricción fuerte de las arterias de las vellosidades. La vasoconstricción reduce la presión de las arterias y así permite que las vellosidades sean liberadas de las criptas (Senger, 2003). Al respecto, Montiel-Olguín *et al.* (2018) encontraron que las vacas lecheras de granjas familiares de México que llegan al parto con baja condición corporal tienen mayor probabilidad de presentar retención de membranas fetales. Esto puede ser atribuido a una deficiencia de vitaminas. La suplementación con vitamina E (α -tocoferol) ha mostrado un aumento en varios aspectos del sistema inmunitario incluyendo el



aumento de la migración y quimiotaxis de células polimorfonucleares (Ndiweni y Finch, 1996) y un incremento en la respuesta de quimiotaxis por los neutrófilos sanguíneos (Politis *et al.*, 1996). Por lo que se ha sugerido que la suplementación con vitamina E puede reducir la prevalencia de la retención de membranas fetales debido a un aumento del sistema inmunitario y así asegurar la separación del tejido fetal y materno (Bourne *et al.*, 2007). Al respecto de procesos infecciosos reproductivos posparto, Kaewlamun *et al.* (2011) encontraron que una mayor concentración de β -caroteno, precursor de vitamina A, en sangre tiene un efecto positivo en el porcentaje de leucocitos polimorfonucleares tanto en el útero como en cérvix, en vacas suplementadas en comparación con el testigo. De tal estudio, se propone que la suplementación con β -caroteno previo al parto puede tener un efecto benéfico consecuente en la reproducción. Por otro lado, Gagnon *et al.* (2015) sugieren que la administración intramuscular de vitamina B12 (cianocobalamina) en combinación con ácido fólico en vacas lecheras durante el posparto tiene un efecto en la expresión de genes, lo cual puede ser el resultado de un incremento en la secreción de LH y por consiguiente el promover la diferenciación celular y un arresto de la división celular en las células de la granulosa. Por lo anterior, podemos decir que las vitaminas son micronutrientes indispensables para el buen funcionamiento del organismo y el mantenimiento de la homeostasis celular; en cuestiones reproductivas, su uso se enfoca en prevenir problemas de enfermedades que pueden ocurrir frecuentemente en la unidad de producción animal. En su revisión bibliográfica, De Rensis *et al.* (2017) mencionaron que la administración vitamina E, A y selenio (antioxidantes) pueden proteger al ovocito en la dinámica folicular en el ovario durante el estrés térmico. Cabe mencionar que la vitamina A no existe como tal, tiene que sufrir cambios y procesos para transformarse en retinol. Se ha demostrado que estas vitaminas suplementadas previas al parto en bovinos tienen impactos positivos en el sistema inmune y reproductivo, al reducir las tasas de estrés oxidativo ayudando a prevenir algunas enfermedades comunes en las unidades de producción como son la retención de membrana fetales, la metritis y puerperio anormal, provocadas por una inmunodeficiencia y que tienen impactos negativos sobre los parámetros reproductivos (Hernández, 2016). Además, al respecto Montiel-Olguín *et al.* (2018) encontraron que la retención de membranas fetales, el parto distócico y condición corporal ≤ 2.5 son los principales factores de riesgo asociados con el reducido desempeño reproductivo de las vacas (1263 lactaciones) de hatos lecheros (96) en pequeña escala en la región tropical y subtropical de México.

En su revisión bibliográfica, González-Maldonado *et al.* (2019) destacan que la vitamina C (ácido ascórbico), al ser un antioxidante y cofactor indispensable en procesos enzimáticos, degradación del colágeno en folículos preovulatorios, en el desarrollo y crecimiento folicular juega un papel muy importante en la producción de ovocitos viables. En conjunto con la vitamina E, los resultados no han mostrado un mejor tamaño ni del folículo, ni cuerpo lúteo. Sin embargo, al integrarlo en los protocolos de inseminación



artificial a tiempo fijo, han mostrado que aumentan el número de vacas preñadas, esto posiblemente debido a que, al ser inyectadas las vacas con dichas vitaminas, producen ovocitos de mejor calidad y por lo tanto embriones viables en comparación con las vacas que no son inyectadas.

Respecto a la retención de membranas fetales, condición médica asociada a un prolongado anestro posparto, existen tres teorías detrás de la etiología de ésta, las cuales son fallas en: la separación de la unión feto-maternal, por la obstrucción mecánica y en las contracciones del miometrio. La primera falla, probablemente es debido a la disfuncionalidad de las enzimas, provocado por la falta de moléculas orgánicas llamadas coenzimas, principalmente vitaminas, que ayudan a dicha enzima en las transformaciones bioquímicas para la separación de los cotiledones de las carúnculas. Sin embargo, no se tienen estudios donde se demuestre que la deficiencia de vitamina E, por si sola, tengan un efecto en la retención de membranas fetales, sino que su mecanismo de acción puede estar mediado por el selenio (Bourne *et al.*, 2007).

Deficiencia de minerales

La infertilidad en ganado lechero es un problema bastante complejo y multifactorial, que tendría que ser evaluado considerando otras enfermedades o desórdenes que se presentan en el animal. Es pertinente mencionar que la hipocalcemia, mastitis, laminitis, retención de placenta tienen un impacto negativo en la fertilidad subsecuente de la vaca. Los minerales, elementos traza y vitaminas juegan un papel importante en la prevención de dichas enfermedades (Wilde, 2006).

Los requerimientos de minerales durante la lactancia son: calcio, fósforo, magnesio, azufre, sodio y cloro (0.60-0.80, 0.40-0.45, 0.22-0.28, 0.23, 0.20 y 0.25 % de materia seca, respectivamente; Anrique, 2014). No obstante, la mayoría de los forrajes no brindan la cantidad adecuada de minerales requeridos por el animal (Rojo-Rubio *et al.*, 2009). Una complementación limitada agrava la condición corporal y en consecuencia su ciclo sexual, lo que significa un mayor tiempo de anestro posparto y mayor tiempo para que la vaca se preñe nuevamente (Bolaños, 2020). Se ha demostrado que la suplementación de macro y micro minerales en premezclas, ofrecidos a libre acceso, ha sido la forma más eficiente para mejorar la respuesta reproductiva en ganado bovino (Rojo-Rubio *et al.*, 2009).

Los macrominerales intervienen en el equilibrio ácido-base y en el metabolismo del calcio de la vaca lechera y doble propósito. El uso de sales aniónicas en combinación con suplementación de concentraciones adecuadas calcio y magnesio pueden ayudar a mejorar la ingesta de materia seca y reducir el balance energético negativo en el posparto, así como prevenir hipocalcemia, la cual se asocia con prolapsos uterinos (Bolaños, 2020), ovarios quísticos, retención placentaria y formación de cuerpos lúteos pequeños (Román *et al.*, 2009). Al respecto, Bolaños (2020) considera que la



disponibilidad de calcio puede ser responsable de partos lentos y ocasionar que la cría muera antes de ser expulsada, debido a que en el momento del parto las células del músculo del útero demandan un gasto energético y de iones de calcio que son responsables de la activación del sistema contráctil.

Por otro lado, el zinc y la vitamina E, son efectivos en la prevención de mastitis que ocurre principalmente en las primeras semanas de lactación, mediante un incremento de las funciones antioxidantes y queratinización del ducto del pezón mamario. De igual manera en la cojera, resultado de la laminitis en el ganado lechero que ocurre principalmente durante la lactancia, aunque la mayoría de las agresiones originales al casco de la pezuña pueden ocurrir antes del parto. Sin embargo, el zinc y la biotina también están implicados en mejorar la queratinización de la pezuña y en la prevención de esta enfermedad (Wilde, 2006).

Además, es importante mencionar que el porcentaje de vacas que retienen placenta puede ser reducido al prevenir hipocalcemia y administrando concentraciones adecuadas de selenio (Wilde, 2006). En un estudio realizado por Vedovatto *et al.* (2019) demostraron que la administración de una sola dosis de minerales traza (60, 10, 5 y 15 mg/mL de Zn, Mn, Se y Cu, respectivamente) 30 días antes de la inseminación artificial no tiene un efecto positivo sobre las estructuras ováricas en vacas Nelore en condiciones de pastoreo en la región de Mato Grosso, Brasil. No obstante, este mismo grupo de investigadores encontraron que la administración de minerales traza mencionados anteriormente, sí incrementa las concentraciones plasmáticas de enzimas antioxidantes en todas las vacas que se les aplicó, independientemente de la condición corporal y las vacas con condición corporal <5 puntos tendieron a mejorar la tasa de preñez, pero no en aquellas cuya condición corporal fue ≥ 5 (escala de 1-9). Probablemente existen otros minerales que están relacionados con la reproducción y que aún se desconoce su actuación.

Se realizó un compendio de los estudios recientes realizados en bovinos en relación al tema del efecto que tiene la deficiencia de nutrientes al reinicio de la actividad cíclica posparto (Tabla 2) en el que se muestra el suplemento y sistema de producción estudiado, así como los parámetros que influyeron en el incremento de tiempo del anestro posparto reportados por los autores.

Como se observa en la tabla 2, con respecto a la presente revisión bibliográfica se obtuvo un reducido número de estudios realizados en sistemas doble propósito. Al respecto, se ha encontrado que los sistemas doble propósito la baja adopción de tecnologías reproductivas es uno de los principales problemas (Espinosa-García *et al.*, 2018; Bautista-Martínez *et al.*, 2019; Lassala *et al.*, 2020; Villarroel-Molina *et al.*, 2021), cuentan con un número de cabezas muy pequeño, considerados de subsistencia porque gran parte de la producción se destina al autoconsumo, existe una variabilidad en la producción que depende del ambiente. De igual forma, González-Padilla *et al.* (2019)



consideraron que las principales limitaciones para el crecimiento y la rentabilidad de las unidades de producción fueron la falta de acceso al crédito, seguida del bajo valor de mercado de sus productos y la infraestructura insuficiente. Lo anterior conlleva a que en este gremio de productores no sea tomado en cuenta para llevar a cabo ciencia básica y trascendental.

Tabla 2. Efecto de la suplementación en el reinicio de la actividad cíclica posparto en ganado bovino lechero y doble propósito

Componente nutricional	Suplemento	Sistema de producción	Parámetros reproductivos	Estudio
Energía	Concentrados (granos)	Doble propósito	↑ estros 74% vs 39% ↑ ovulación 59% vs 30% ↑ tasa de gestación 47% vs 22%	Aguilar-Pérez et al., 2009
	Sorgo	Doble propósito	↑ presencia de CL a los 70 días 50% vs 33% ↑ tasa de gestación 42% vs 0%	Tinoco-Magaña et al., 2012
Proteína	Metionina (24g/d)	Lechero	Mejora la función del CL	Lara et al., 2015
Vitaminas	E	Doble propósito	↓ intervalo parto-1er. estro 28.3±2.4 vs 41.4±1.3 ↑ tasa de gestación 86.7% vs 36.84%	Khatti et al., 2017
Minerales	Zn, Mn, Se y Cu (30días antes IA)	Cárnico	↑ tasa de gestación cuando CC < 5 (escala 1-9) 58.4% vs 46.8%	Vedovatto et al., 2019

CL: cuerpo lúteo; CC: condición corporal; IA: inseminación artificial; ↑: incrementa; ↓: disminuye

Estrategias de manejo alimenticio para mejorar la reproducción en bovinos doble propósito

Los efectos negativos ejercidos por el amamantamiento y el pastoreo, sin ser suplementados, inhiben el restablecimiento de la actividad ovárica posparto alargando el intervalo entre partos que puede exceder 500 días, extensivo periodo de anestro posparto en bovinos doble propósito ([Rojo-Rubio et al., 2009](#)), lo cual ya no es económicamente rentable para una unidad de producción mantener una vaca vacía por un año o más ([Martínez et al., 2021](#))

Utilización de pastos mejorados

[Samadi et al. \(2013\)](#) demostraron que el control nutricional basado en pastos antes y después del parto puede usarse para inducir diferencias marcadas en el peso, la condición corporal y el estado hormonal metabólico en vacas de producción de carne en el posparto. Estos investigadores llegaron a la conclusión de que las vacas que recibieron pastos mejorados tuvieron mayores concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina, factor de crecimiento similar a la insulina-I y leptina en comparación con las vacas que recibieron pastos menos digestibles. Estas diferencias en los perfiles de la glucosa y las hormonas metabólicas se asociaron con un reinicio más temprano de la ovulación para



las vacas en pastos mejorados. La reducción en el período de anestro posparto en las vacas de producción de carne que pastan en praderas subtropicales mejoradas puede resultar en una homeostasis metabólica mejorada. La reanudación más temprana de la función ovárica cíclica de las vacas en pastos mejorados probablemente resultó de las acciones positivas generales de la glucosa y las hormonas metabólicas en los tejidos somáticos y más específicamente en el hipotálamo y los ovarios. Las acciones potenciales en diferentes tejidos dentro del eje reproductivo probablemente reflejan la naturaleza de las interrelaciones entre la nutrición, los reguladores metabólicos y la función reproductiva, disponiendo de información que permite una integración de los efectos de la leptina y el factor de crecimiento similar a la insulina-I, sobre la secreción de la GnRH, que parece implicar una acción indirecta a través de las neuronas de kisspeptina y leptina; y una acción más directa en las neuronas de la GnRH (Factor de crecimiento similar a la insulina-I). Dado que en el experimento el reinicio de la ciclicidad ovárica (ovulación) posparto a las 12 y 15 semanas fue del 100 % para las vacas que se mantuvieron en pastos mejorados en comparación con las que se mantuvieron en pastos menos digestibles, donde sólo el 14 % presentaron ovulación a las 15 semanas.

Tecnificación de las unidades de producción y manipulación de los componentes nutricionales en la dieta

[Velázquez et al. \(2020\)](#) evaluaron un protocolo de inducción al reinicio de la actividad ovárica en vacas de la cruce de *Bos taurus* x *Bos indicus* en la región tropical de México. El tratamiento hormonal consistió en la colocación de CIDR con y sin estradiol en las unidades de producción doble propósito con tres estatus de tecnificación descritas como: Nivel de tecnificación alto, donde el pastoreo se realiza en praderas con pastos mejorados, realizan registros productivos y reproductivos y suplementación nutricional durante el ordeño de los animales; nivel de tecnificación medio, las mismas condiciones del anterior; sin embargo, no realizan registro del desempeño productivo y reproductivo; nivel de tecnificación bajo, donde el pastoreo es sobre el forraje natural disponible y sin registros productivos y reproductivos ni suplementación nutricional de los animales. En tal investigación, este grupo de investigadores concluyeron que las vacas responden a la inducción de la actividad ovárica de la combinación de progesterona y estradiol en una proporción alta en todos los niveles de tecnificación. Estos resultados, confirman los beneficios de las unidades de producción con un estatus medio y bajo de tecnificación, dado que se pueden llevar a cabo programas de inseminación artificial a tiempo fijo, por ejemplo. No obstante, habría que evaluar las cuestiones económicas. [Bautista-Martínez et al. \(2019\)](#) en su caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México encontraron que las prácticas relacionadas con el manejo reproductivo son las que se realizan con menor frecuencia en las unidades de producción, el fomento en la aplicación y adopción de las tecnologías



relacionadas con esta área, podría ser una alternativa para mejorar las variables productivas y reproductivas a largo plazo.

Por otro lado, en la misma región mexicana antes descrita [Zárate-Martínez et al. \(2022\)](#) estudiaron el comportamiento reproductivo de sistemas doble propósito con dos niveles de fibra detergente neutro, induciéndolas a ovular con un protocolo hormonal de inseminación artificial a tiempo fijo. El experimento consistió en: tratamiento 1 alimentación con 4.5 kg de concentrado vaca/día y el tratamiento 2 con 3 kg de concentrado vaca/día. El forraje se ofreció *ad libitum* en ambos tratamientos. Los resultados obtenidos fueron que las vacas del tratamiento 2 consumieron más fibra detergente neutra que las vacas del tratamiento 1, 38 y 44% del total de la dieta, respectivamente. Este grupo de investigadores comentó que el incremento en el consumo de forraje hasta donde la fibra detergente neutra permitió compensar el aporte de energía y proteína metabolizable, siendo similares para ambos tratamientos durante los primeros 15 días antes del parto. Las vacas del tratamiento 2 (6.25 de materia seca/día) intentaron compensar déficit de nutrientes consumiendo más forraje que las del tratamiento 1 (7.37 kg de materia seca/día). Además, comentan que la proteína metabolizable siempre fue deficiente durante la lactación para los dos tratamientos. En las vacas del tratamiento 2, la deficiente proteína metabolizable repercutió en menor contenido de nitrógeno en leche. Finalmente, encontraron que las vacas del tratamiento 1 perdieron menos condición corporal un 75.2%, esto se reflejó en una mayor tasa de gestación al primer servicio en el tratamiento en comparación con el tratamiento 2 con 42.8%, aunque no produjeron más leche. Ellos concluyeron que la disminución de la fibra detergente neutra en la dieta de 44 a 38% y la aplicación del protocolo hormonal de inseminación artificial a tiempo fijo disminuyó el período abierto a 105 días en vacas lactando en el trópico de México.

CONCLUSIONES

Se describió la importancia de las deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto y las estrategias de manejo alimenticio para mejorar la reproducción en bovinos doble propósito. Además, mientras realizaban esta revisión, los autores se dieron cuenta de la carente información científica sobre los efectos de las deficiencias en los alimentos y forrajes sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto, específicamente en ganado doble propósito [*Bos taurus* (Holstein, Jersey) x *Bos indicus* (Gir, Nelore, Braman)]. Se deben desarrollar investigaciones sobre este tema para establecer recomendaciones prácticas específicas para estas cruzas, y así evitar el uso indebido de información generada en otras cadenas productivas (bovinos carne y lecheros) y regiones (áridas y templadas) en México.



LITERATURA CITADA

AGUILAR-PÉREZ C, Ku-Vera J, Centurión-Castro F, Garnsworthy PC. 2009. Energy balance, milk production and reproduction in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. *Livestock Science*. 122:227-233. ISSN: 1871-1413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.09.004>

ALVAREZ-CARDONA F, Maki-Díaz G, Franco-Robles E, Cadena-Villegas S, Hernández-Marín A. 2019. L-Arginina, Aspartato y Glutamato, y su relación con la reproducción de ovejas Review. *Abanico Veterinario*. 9:1-13. ISSN: 2448-6132.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.929>

ANRIQUE R. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. 4ta. Edición. Universidad austral de Chile. ISBN 978-956-8765-04-0.

https://www.academia.edu/9785035/Composicion_de_alimentos_para_ganado_bovino

ARCE C, Aranda EM, Osorio MM, González R, Díaz P, Hinojosa JA. 2017. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8:83-91. ISSN: 2448-6698.

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>

BACHA B, Regassa FG. 2010. Subclinical endometritis in Zebu x Friesian crossbred dairy cows: its risk factors, association with subclinical mastitis and effect on reproductive performance. *Tropical Animal Health and Production*. 42:397-403. ISSN: 1573-7438.

<https://doi.org/10.1007/s11250-009-9433-5>

BANTA JP, Lalman D, Wettemann R. 2008. Whole soy bean supplementation and cow age class: effects on intake, digestion, performance and reproduction of beef cows. *Journal of Animal Science*. 86: 1864-1878. ISSN: 1740-0929.

<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0383>

BAUTISTA-MARTÍNEZ Y, Herrera-Haro JG, Espinosa-García JA, Martínez-Castañeda FE, Vaquera-Huerta H, Bárcena-Gamma JR, Morales A. 2017. Relación entre las prácticas tecnológicas de manejo, la producción y su asociación con las épocas del año en el sistema de doble propósito del trópico mexicano. *Nova Scientia*. 9:154-170. ISSN: 2007-0705. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2117>

BAUTISTA-MARTÍNEZ Y, Herrera-Haro JG, Espinosa-García JA, Martínez-Castañeda FE, Vaquera-Huerta H, Morales A, Aguirre-Guzmán, G. 2019. Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*. 115(2): 134-148. ISSN: 1699-6887. <https://www.aida-itea.org/index.php/revista/contenidos?idArt=618&lang=esp>



BOLAÑOS ED. 2020. Producción de becerros bajo el sistema vaca-cría en el trópico. Libro Técnico Núm. 40. INIFAP.CIRGOC. Huimanguillo, México. Pp. 105. ISBN: 978-607-37-1262-0. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content

BOURNE N, Laven R, Wathes DC, Martinez T, McGowan M. 2007. A meta-analysis of the effects of vitamin E supplementation on the incidence of retained foetal membranes in dairy cows. *Theriogenology*. 67: 494-501. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.08.015>

BUTLER WR. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science*. 83: 211-218. ISSN: 0301-6226. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)

CHANDRA G, Aggarwal A, Singh AK, Kumar M, Aggarwal A, Singh AK, Kumar M., Kushwaha R, Singh A, Singh YK. 2011. Negative energy balance and reproduction. *Agriculture Reviews*. 32: 246-254. ISSN: 0976-0741. <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/ARCC910>

CHAPINAL N, Carson ME, LeBlanc SJ, Leslie KE, Godden S, Capel M, Santos JEP, Overton MW, Duffield TF. 2012. The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 95:1301-1309. ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4724>

CROWE MA, Diskin MG, Williams EJ. 2014. Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *Animal*. 8:40-53. ISSN: 1751-732X. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000251>

CROWE MA. 2008. Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reproduction in Domestic Animal*. 43:20–28. ISSN: 1439-0531. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>

DE RENSIS F, Lopez-Gatius F, García-Ispuerto I, Morini G, Scaramuzzi RJ. 2017. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. *Theriogenology*. 91:145-153. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.12.024>

DE SOUZA J, Strieder-Barboza C, Contreras GA, Lock AL. 2019. Effects of timing of palmitic acid supplementation during early lactation on nutrient digestibility, energy balance, and metabolism of dairy cows. *Journal of Dairy Sciences*. 102:270-287. ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14977>

DISKIN MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78:345–370. ISSN: 0378-4320. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00099-X)



ESPINOSA-GARCÍA JA, Vélez-Izquierdo A., Góngora-González SF, Cuevas-Reyes V, Vázquez-Gómez R, Rivera-Maldonado JA. 2018. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21:261-272. ISSN: 1870-0462. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2411>

GAGNON A, Khan DR, Sirard MA, Girard CL, Laforest JP, Richard FJ. 2015. Effects of intramuscular administration of folic acid and vitamin B12 on granulosa cells gene expression in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 98:7797–7809. ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9623>

GARAY-MARTÍNEZ JR, Barrón-Bravo OG, Maciel-Torres SP, Avilés-Ruiz R, Joaquín-Cancino S, Bautista-Martínez Y, Granados-Rivera LD. 2020. Caracterización de las unidades de producción de bovinos en El Mante, Tamaulipas. *Ciencia e Innovación*. 3: 113-124. ISSN: 2594-150X.

<http://cienciaeinnovacion.com.mx/2020/06/22/caracterizacion-de-las-unidades-de-produccion-de-bovinos-en-el-mante-tamaulipas/>

GARMENDIA J. 2005. Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de pastos y forrajes.

http://avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/Conferencias/C8-JulioGarmendia.pdf

GONZÁLEZ-MALDONADO J, Rangel-Santos R, Rodríguez-de Lara R, Ramírez-Valverde G, Ramírez-Bribiesca JE, Monreal-Díaz JC. 2019. Suplementación con ácido ascórbico para mejorar la fertilidad del ganado lechero. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10: 1000-1012. ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4703>

GONZÁLEZ-PADILLA E, Lassala A, Pedernera M, Gutiérrez CG. 2019. Cow-calf management practices in Mexico: Farm organization and infrastructure. *Veterinaria México OA*. 6: 1-17. ISSN: 2448-6760.

<https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2019.3.677>

GRANADOS-RIVERA LD, Quiroz-Valiente J, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Zurita L, Díaz-Rivera P, Oliva-Hernández J. 2018. Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 28:47-57. ISSN: 2007-9621. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>

HERDT TH. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 16: 215–230. ISSN: 1558-4240.

[https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30102-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30102-X)



HERNÁNDEZ J. 2016. Fisiología clínica de la reproducción de los bovinos lecheros. Primera edición. Universidad Autónoma de México. Coyoacán, México. Pp. 172. ISBN: 978-607-02-8690-2.

https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf

HERNÁNDEZ-REYES E, Segura-Correa VM, Segura-Correa JC, Osorio-Arce MM. 2000. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia*. 34:699-705. ISSN: 1405-3195.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234604>

KAEWLAMUN W, Okouyi M, Humblot P, Techakumphu M, Ponter AA. 2011. Does supplementing dairy cows with carotene during the dry period affect postpartum ovarian activity, progesterone, and cervical and uterine involution? *Theriogenology*. 75: 1029-1038. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.11.010>

KAWAS JR. 2007. Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnología e Ciência Agropecuaria*. 2: 63-69.

https://www.researchgate.net/publication/237756032_Produccion_y_Utilizacion_de_Bloques_Multinutrientes_como_Complemento_de_Forrajes_de_Baja_Calidad_para_Caprinos_y_Ovinos_La_Experiencia_en_Regiones_Semiaridas

KHATTI A, Mehrotra S, Patel PK, Singh G, Maurya VP, Mahla AS, Chaudhari RK, Narayanan K, Das GK, Singh M, Sarkar M, Gupta HK. 2017. Supplementation of vitamin E, selenium and increased energy allowance mitigates transition stress and improves postpartum reproductive performance in crossbred cow. *Theriogenology*. 104: 142-148. ISSN: 0093-691X. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.08.014>

KIMURA K, Goff JP, Kehrli ME, Reinhardt TA. 2002. Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 85:544-550. ISSN: 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74107-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74107-6)

LARA A, Mendoza GD, Sánchez-Torres T, Hernández PA, Martínez JA. 2015. Response of LH and progesterone in postpartum cows added with different levels of protected methionine. *Life Science Journal*. 12: 104-112. ISSN: 1097-8135.

<http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1202s15/>

LASSALA A, Hernández-Cerón J, Pedernera M, González-Padilla E, Gutiérrez CG. 2020. Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding. *Veterinaria México OA*. 7: 1-15. ISSN: 2448-6760.

<http://dx.doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2019.3.677>



- LÓPEZ R, Díaz M, García JG, Núñez R, López R, Martínez PA. 2010. Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(4):325-336. ISSN: 2448-6698. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000400002
- LÓPEZ-GATIUS F. 2012. Factors of a noninfectious nature affecting fertility after artificial insemination in lactating dairy cows. A review. *Theriogenology*. ISSN: 0093-691X. 77:1029-1041. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.10.014>
- LUCY MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatchers WW. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in Cattle. *Journal of Animal Science*. 70:3615-3626. ISSN: 1740-0929. <https://doi.org/10.2527/1992.70113615x>
- MARTÍNEZ JF, Galina CS, Rubio I, Balam WL, Corro MD. 2021. Evaluación reproductiva y costos en programas de empadre estacional con *Bos indicus* en trópico mexicano. *Revista MVZ Córdoba*. 26:e2130. ISSN: 0122-0268. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2130>
- 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. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.11.001>
- MONTIEL-OLGUÍN L, Espinosa-Martínez M, Ruiz-López F, Estrada-Cortés E, Durán-Aguilar M, Vera-Avila H. 2020. El día de parto y tamaño del hato impactan indicadores reproductivos en establos familiares. *Abanico veterinario*. ISSN: 2448-6132. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.23>
- MONTIEL-OLGUÍN LJ, Estrada-Cortés E, Espinosa-Martínez MA, Mellado M. 2018. Risk factors associated with reproductive performance in small-scale dairy farms in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 51: 229–236. ISSN: 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1681-9>
- NAVA-TRUJILLO H, Soto-Belloso E, Hoet AE. 2010. Effects of clinical mastitis from calving to first service on reproductive performance in dual-purpose cows. *Animal Reproduction Science*. 21:12–16. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.05.014>
- NDIWENI N, Finch JM. 1996. Effects of in vitro supplementation with α -tocopherol and selenium on bovine neutrophil functions: implications for resistance to mastitis. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 51:67-78. ISSN 0165-2427. [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(95\)05515-0](https://doi.org/10.1016/0165-2427(95)05515-0)
- POHLER Ky G, Franco G A, Reese S T, Smith M F. 2020. Physiology and pregnancy of beef cattle. *Animal Agriculture*. 37-55. ISBN: 978-0-12-817052-6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00003-3>



POLITIS I, Hidiroglou N, White JH, Gilmore JA, Williams SN, Scherf H, Frigg M. 1996. Effects of vitamin E on mammary and blood leukocyte function, with emphasis on chemotaxis, in periparturient dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*. 57:468-471. ISBN: 0002-9645. <https://europepmc.org/article/med/8712508>

RÍOS-UTRERA Á, Villagómez-Amezcuca E, Zárate-Martínez J P, Calderón-Robles R C, Vega-Murillo V E. 2020. Análisis reproductivo de vacas Suizo Pardo x Cebú y Simmental x Cebú en condiciones tropicales. *Revista MVZ Córdoba*. 25:e1637. ISSN: 0122-0268. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1637>

ROBINSON JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG. 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*. 126:259–276. ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.006>

ROBINSON AM, Williamson DH. 1980. Physiological roles of ketone bodies as substrates and signals in mammalian tissues. *Physiological Reviews*. 60:143–187. ISSN: 1522-1210. <https://doi.org/10.1152/physrev.1980.60.1.143>

ROJO-RUBIO R, Vázquez-Armijo JF, Pérez-Hernández P, Mendoza-Martínez GD, Salem AZM, Albarrán-Portillo B, González-Reyna A, Hernández-Martínez J, Rebollar-Rebollar S, Cardoso-Jiménez D, Dorantes-Coronado EJ, Gutierrez-Cedillo JG 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41: 715-721. ISSN: 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9249-8>

ROMÁN H, Ortega L, Hernández L, Díaz E, Espinoza JA, Nuñez G, Vera HR, Medina M, Ruiz FJ. 2009. Producción de leche de bovinos en el sistema doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP.CIRGOC. Veracruz, México. 335p. ISBN: 978-607-425-171-5. Disponible en: <https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Produccion-de-leche-de-bovinos-en-el-sistema-doble-proposito.pdf>

SAMADI F, Phillips NJ, Blache D, Martin GB, D’Occhio MJ. 2013. Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. *Animal Reproduction Science*. 137: 137-144. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.12.012>

SENGER PL. 2003. Pathways to pregnancy and parturition. Segunda edición. Editorial Current Conceptions, Inc. Washington State University. Pullman, E.U.A. 323p. ISBN: 0-9657648-2-6. www.currentconceptions.com

THATCHER W. 2017. A 100-Year Review: Historical development of female reproductive physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 100: 10272–10291. ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13399>



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. *Tropical Animal Health and Production*. 44: 1073-1078. ISSN: 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0042-8>

VEDOVATTO M, Moriel P, Fernandes R, Sampaio D, Carvalho FJ, Cortada IM, da Silva C, Luiz De Lucca A, Garcia R, Aparecida S, Loriano G. 2019. Effects of a single trace mineral injection on body parameters, ovarian structures, pregnancy rate and components of the innate immune system of grazing Nellore cows synchronized to a fixed-time AI protocol. *Livestock Science*. 225: 123-128. ISSN: 1871-1413.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.011>

VELÁZQUEZ H, Galindo L, Barrientos M, Galina CS, Maquivar MG, Montiel F. 2020. Effect of the technological status of small cow-calf farm producers on the induction to resumption of ovarian activity of dual-purpose cattle raised under tropical conditions. *Open Journal of Veterinary Medicine*. 10: 195-205. ISSN: 2165-3364.

<https://doi.org/10.4236/ojvm.2020.1011017>

VILLARROEL-MOLINA O, De-Pablos-Heredero C, Barba C, Rangel J, García A. 2021. The Importance of Network Position in the Diffusion of Agricultural Innovations in Smallholders of Dual-Purpose Cattle in Mexico. *Land*. 10:401. ISSN: 2073-445X.

<https://doi.org/10.3390/land10040401>

VITE-CRISTÓBAL C, López-Ordaz, García-Muñiz J G, Ramírez-Valverde R, Ruiz-Flores A, López-Ordaz R. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria México*. 38:63-79. ISSN: 0301-5092. <https://www.redalyc.org/pdf/423/42338107.pdf>

WALSH SW, Williams EJ, Evans ACO. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 123: 127-138. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001>

WILDE D. 2006. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 96: 240-249. ISSN: 0378-4320. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.004>

ZÁRATE-MARTÍNEZ JP, Juárez-Lagunes FI, Ríos-Utrera Á, Montero-Lagunes M, Frago-Island A. 2022. Consumo de FDN y su efecto sobre la respuesta a la IATF en vacas del trópico de México. *Revista MVZ Córdoba*. 27: e2121. ISSN: 0122-0268. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2121>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>