

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Tasa de concepción en vacas *Bos indicus* con sincronización de la ovulación y suplementadas nutricionalmente

Conception rate in *Bos indicus* cattle with ovulation synchronization and supplemented nutritionally

Jhon Fredy Osorio-Giraldo ¹; Brahian Camilo Tuberquia-López ¹

¹GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia

RESUMEN. El anestro posparto es uno de los principales problemas en la ganadería bovina debido a diferentes motivos, tales como, la poca disponibilidad de nutrientes en la dieta, la baja condición corporal y la presencia de la cría. Actualmente, existen alternativas reproductivas como la sincronización del celo y la ovulación; sin embargo, su implementación requiere que los animales cuenten con un estado nutricional adecuado. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la suplementación con bloques nutricionales, aplicación de vitaminas y minerales estimulantes en la reproducción sobre la tasa de concepción en hembras bovinas sincronizadas e inseminadas a tiempo fijo. Se seleccionaron a conveniencia 30 vacas posparto de una ganadería ubicada en el trópico bajo colombiano, las cuales fueron divididas aleatoriamente en dos tratamientos (A y B) conformado por 15 vacas cada uno. Todas las vacas fueron tratadas para sincronización de la ovulación. Al tratamiento A se les suplementó con bloques nutricionales y se les trató con soluciones comerciales de minerales y vitaminas. El tratamiento B se sincronizó con la ovulación, pero sin suplementación. La tasa de concepción en los tratamientos A y B fue de 60% (9/15) y 33% (5/15) respectivamente. Mediante la prueba de Chi2 para muestras independientes no se encontró diferencia significativa en la tasa de concepción en ambos tratamientos ($p > 0.05$). El tratamiento con minerales y vitaminas estimulantes de la reproducción y la suplementación con bloques nutricionales no mejoran la tasa de concepción en vacas de trópico bajo sincronizadas e inseminadas a tiempo fijo.

PALABRAS CLAVE: anestro, hormonas, manejo nutricional, preñez, vitaminas.

ABSTRACT. Postpartum anestrus is one of the main concerns in cattle production due to different reasons, such as, the low availability of nutrients in the diet, low body condition and the presence of the calf. Currently, there are alternatives such as the synchronization of heat and ovulation, but an adequate nutritional status must be available for its implementation. The objective of this study was to determine the effect of supplementation with nutritional blocks, application of vitamins and minerals that stimulate reproduction on the conception rate in synchronized and fixed-time inseminated bovine cows. 30 postpartum cows were selected at convenience from a herd located in the Colombian lower tropics, which were randomly divided into two treatments (A and B) made up of 15 cows each. All cows were treated for ovulation synchronization. In treatment A, 15 were supplemented with nutritional blocks and treated with commercial solutions of minerals and vitamins. Treatment B synchronized with ovulation, but without supplementation. Conception rate in treatments A and B was 60% (9/15) and 33% (5/15) respectively. Using the Chi2 test for independent samples, no significant difference was found in the conception rate in both treatments ($p > 0.05$). The treatment with minerals and vitamins that stimulate reproduction and supplementation with nutritional blocks do not improve the conception rate in cows from the low tropics that are synchronized and inseminated at a fixed time.

KEYWORDS: anestrus, hormones, nutritional management, pregnancy, vitamins.

Para citar este artículo: Osorio-Giraldo, J. F. & Tuberquia-López, B. C. (2024). Tasa de concepción en vacas *Bos indicus* con sincronización de la ovulación y suplementadas nutricionalmente. *Ciencias Agropecuarias* 10(2), 15-27. <https://doi.org/10.36436/24223484.691>



Recibido: 11/06/2023 **Aceptado:** 12/06/2024 **Publicado en línea:** 05/07/2024

Contacto: Brahian Tuberquia-López - brahian.tuberquia@uniremington.edu.co

Introducción

Una alta eficiencia reproductiva es un requisito esencial para asegurar la máxima producción ganadera y retorno económico satisfactorio. Uno de los principales problemas en el desempeño reproductivo de los sistemas de producción bovina en el trópico es el alto número de días abiertos (1, 2), para los cuales existen alternativas como la sincronización de celos y la ovulación en búsqueda de la reactivación reproductiva (3).

Los programas de inseminación artificial (IA) en bovinos de carne principalmente utilizan protocolos de IA a tiempo fijo (IATF) que intentan sincronizar el momento de la ovulación al final del protocolo (4). El desarrollo de estos protocolos se ha basado en la comprensión de la fisiología reproductiva del ciclo estral normal, en particular la regulación de las ondas y dinámicas foliculares que siguen a los cambios hormonales específicos.

No obstante, los protocolos de sincronización de la ovulación y celo no tienen siempre un porcentaje de respuesta óptimo, ya que se requiere de un adecuado estado fisiológico del animal para que responda adecuadamente a los programas hormonales. Algunos de estos factores responsables de la respuesta reproductiva incluyen la oferta nutricional del animal para llenar sus requerimientos de mantenimiento y producción (5) y específicamente la disponibilidad fisiológica de nutrientes (6) como lo son las fuentes de energía, proteína, vitaminas y minerales en cantidades según la etapa fisiológica y productiva del animal (5).

La nutrición y la disponibilidad de nutrientes juega un papel fundamental en el desempeño reproductivo, ya que para la síntesis de las diferentes hormonas reproductivas se requiere de un adecuado estado nutricional (7). Los efectos positivos sobre la fertilidad en vacas de carne suplementadas nutricionalmente generalmente se han asociado con un aumento del diámetro del folículo dominante, mejor calidad de oocitos y embriones, mayores concentraciones de progesterona y modulación de la síntesis de prostaglandinas, lo que en conjunto da como resultado una mayor tasa de concepción (8). En el ganado *Bos indicus* se han reportado celos con señales débiles, de corta duración y baja intensidad, lo cual se atribuye a bajos niveles circulantes de 17β -estradiol (9), lo que dificulta la detección del estro de estas. Debido a los problemas en la detección del celo, se ha recurrido al uso

Tasa de concepción en vacas *Bos indicus* con sincronización de la ovulación y suplementadas nutricionalmente

de tratamientos hormonales como la sincronización de la ovulación sin necesidad de detectar el estro (10). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la suplementación con bloques nutricionales, aplicación de vitaminas y minerales estimulantes en la reproducción sobre la tasa de concepción en vacas *Bos indicus* sincronizadas e inseminadas a tiempo fijo.

Materiales y métodos

Aspectos éticos

El presente trabajo contó con aprobación del comité de bioética para la experimentación con animales de la Corporación Universitaria Remington mediante el acta 02-2021.

Localización

El trabajo se realizó en un hato ganadero ubicado en el trópico bajo colombiano, ubicado en el municipio de La Gloria, departamento del Cesar, (coordenadas: 8° 37' 07" N, 73° 48' 09" O) a una altura de 162 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 28°C, una humedad relativa reportada en la zona de 80% y una precipitación anual promedio de 1835 mm, correspondiente a zona de vida bosque húmedo tropical. El estudio se realizó entre abril y mayo de 2022. Los animales se mantuvieron en pastoreo mejorado (*Dichanthium aristatum* (Poir.) C.E. Hubb.), agua *ad libitum* y suplementación con sal mineralizada comercial.

Selección de animales y asignación de tratamientos

Con el fin de evaluar el efecto combinado de la suplementación nutricional y vitamínico-mineral sobre la respuesta a un protocolo de sincronización de la ovulación, se seleccionaron 30 vacas en condición posparto (entre 30 y 100 días), entre 2 y 6 partos, sin antecedentes sanitarios relevantes y clínicamente sanas. Además, se eligieron animales con tipo racial *Bos indicus* (Brahman) y una condición corporal superior a 2,75 (escala de 1 a 5).

Las vacas seleccionadas fueron asignadas aleatoriamente a dos tratamientos (n=15 por grupo) mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel®. El tratamiento A (suplementado) consistió en el suministro de bloques nutricionales de 25 kg (compuestos por 40% melaza, 10% cal apagada, 10% urea, 5% sal mineralizada y 35% salvado de arroz), ofrecidos *ad libitum* durante 15 días previos, y hasta 45 días posteriores al inicio del protocolo hormonal. Además, este grupo recibió una inyección intramuscular (IM) de 10 ml de suplemento mineral (Fosfosan®, Virbac) y 6 ml de complejo vitamínico (Ourovit ADE®, Ourofino) once días antes del protocolo.

El tratamiento B (control) no recibió ningún tipo de suplementación nutricional, ni vitamínico-mineral, pero fue sometido al mismo protocolo de sincronización de la ovulación utilizado en el tratamiento A. Con el fin de evitar posibles interferencias entre grupos, ambos tratamientos se mantuvieron en potreros separados durante todo el periodo experimental, sin exposición a toros.

Protocolo de sincronización de la ovulación

El protocolo de sincronización de la ovulación para IATF empleado fue:

- Día 0: aplicación de dispositivo intravaginal de 0.5 g de progesterona y 2 mg IM de benzoato de estradiol.
- Día 8: retiro de DIB y aplicación de 2 ml IM de cloprostenol, 1 mg IM de cipionato de estradiol y 400 UI IM de gonadotropina coriónica equina (eCG).
- Día 10: IATF 52 horas después del retiro del dispositivo intravaginal.

Se realizó un diagnóstico reproductivo 90 días después de la IATF mediante ultrasonografía reproductiva (Mindray® DP 10). Se determinaron los porcentajes de tasa de concepción correspondientes a cada tratamiento de vacas.

Análisis estadístico

Se utilizó el software Stata® (versión 14, College Station, Texas, USA) para realizar la prueba de Chi cuadrado con muestras independientes para determinar la asociación entre el estado de preñez en cada tratamiento.

Resultados y discusión

La tasa de concepción en los tratamientos A y B fue de 60% (9/15) y 33% (5/15) respectivamente (Tabla 1). Teniendo en cuenta las características de la variable a medir (nominal o cualitativa), se buscó determinar la existencia o no de independencia mediante el análisis estadístico, realizando la prueba de Chi² para muestras independientes, para lo cual el valor p fue 0.1689. No se encontró diferencia significativa en la tasa de concepción entre ambos tratamientos.

Tabla 1. Resultado de la tasa de concepción después de IATF en vacas *Bos indicus*.

Tratamiento	Preñadas	Vacías	Tasa de preñez	Valor p (Chi ²)
Tratamiento A	9	6	60%	0.1689
Tratamiento B	5	10	33.3%	
Total	14	16	46%	

De acuerdo con la revisión de literatura, es limitado el contenido bibliográfico y científico disponible sobre el efecto del uso de bloques nutricionales, vitaminas y minerales sobre la tasa de concepción en vacas de cría sincronizadas e inseminadas el trópico bajo de Colombia bajo un diseño experimental y tratamientos aleatorios, incluso un *scoping review* sobre inseminación artificial en Colombia realizado por Tuberquia-López y Correa-Valencia (11), afirma que hasta el momento no hay literatura publicada con ese mismo diseño y bajo la misma metodología.

En el presente estudio se encontró que la tasa de concepción bajo tratamientos de suplementación nutricional y la aplicación de minerales estimulantes de la reproducción no afecta el porcentaje de animales preñados. Aunque no se tienen estudios comparables con diseños experimentales contundentes en Colombia, el uso de diferentes estrategias tales como suplementación nutricional (12, 13, 14) y balance mineral (15,16) han encontrado efecto positivo, bien sea en la reactivación ovárica posparto (17), tasa de preñez (18) y producción de oocitos y embriones (19) en ganado de carne.

La eficiencia reproductiva es un importante contribuyente a la rentabilidad general y eficiencia de las producciones de ganado de carne y sustancialmente está influenciada por el estado nutricional de la madre. Short et al. (20), propuso un orden aproximado de prioridad

de nutrientes que puede describirse en el metabolismo basal, las reservas básicas de energía, el mantenimiento de la preñez, la lactancia, las reservas de energía adicionales, los ciclos estrales e inicio del ciclo estral y las reservas excesivas. Este orden de prioridad ilustra claramente cómo la reproducción puede verse afectado drásticamente por nutrientes inadecuados.

La nutrición mineral puede integrarse dentro del suministro general de nutrientes; sin embargo, con frecuencia es pasada por alto en los sistemas de producción. Según los requerimientos nutricionales, los minerales se dividen en dos categorías: macrominerales, necesarios en mayores cantidades, y microminerales o minerales traza, que se requieren en la dieta en concentraciones menores (21). Un equilibrio apropiado entre los ambos tipos de minerales es esencial para las adecuadas funciones metabólicas.

La deficiencia de fósforo ha sido históricamente documentada como uno de los principales factores que interfiere con una adecuada fertilidad en ganado bovino (22). La suplementación con 12 g de calcio y fósforo al día y la provisión de ensilaje de cereal aparentemente mejoraron las tasas de preñez en un estudio de ganado de carne en Canadá (23). Según los autores, parecería que el fósforo puede haber sido el primer nutriente limitante y que una parte de la mejora en las tasas de preñez se debió a la suplementación con fósforo. Al igual que el fósforo, el cobre (24), el zinc (15) y el selenio (7) han sido asociados a bajas tasas de concepción y falla reproductiva en el ganado bovino.

Las razones por las que la ingesta de minerales biodisponibles es crucial para la reproducción bovina incluyen la involución adecuada del útero, exhibición de celo, ovulación, fertilización y mantenimiento de la preñez. El estado nutricional y mineral a nivel celular es vital para la patología endometrial, la viabilidad embrionaria y fertilidad de la vaca. Dentro del presente estudio, aunque tuvimos un soporte de suplementación con mineral (fósforo, selenio, magnesio, cobre y potasio) no pudimos demostrar la deficiencia clínica o subclínica de alguno de estos minerales, y si la administración de estos minerales estimulante de la reproducción soportaría un efecto positivo en la tasa de preñez en vacas *Bos indicus* lactantes.

El nivel de glucosa plasmática puede considerarse el indicador más importante del balance energético y de la actividad reproductiva posparto (25). Las bajas concentraciones plasmáticas de este metabolito provocan una disminución de la liberación de las hormonas gonadotrópicas LH y FSH (26). Así, la glucosa es un sustrato importante para mantener el correcto funcionamiento del proceso reproductivo de la hembra bovina (25). A nivel de campo, la evaluación visual de la puntuación de la condición corporal es un método importante para la cuantificación subjetiva de las reservas de energía corporal en el ganado bovino.

Algunos estudios han informado una influencia positiva de la condición corporal sobre las tasas de preñez después de IATF en vacas de carne lactantes (27). Por ejemplo, vacas Nelore con baja condición corporal ($<2.75/5$) tuvieron menor preñez por IATF que las vacas con condición mayor ($>2.75/5$) (27). Del mismo modo, las vacas Nelore con una condición corporal de $2.5/5$ tuvieron menor tasa de preñez que las vacas con condición corporal de 3.5 (28).

En el presente estudio, una de las principales limitaciones fue la falta de medición de metabolitos que indicaran una deficiencia energética, además de un perfil mineral completo para recomendar una suplementación adecuada. De hecho, Bolaños et al. (17), encontraron en vacas *Bos indicus* en trópico bajo, que la reactivación ovárica posparto ocurría entre 18-25 días luego de obtener una condición corporal adecuada y era caracterizada con niveles de albúmina significativamente mayor y una disminución de urea en vacas Brahman. Se puede mencionar, entonces, que para futuros estudios puede tenerse en cuenta, a nivel metodológico, incluir un perfil metabólico completo.

Sin embargo, debe considerarse que las variaciones en el consumo de materia seca pueden generar variabilidad, debido a que en animales en pastoreo se presenta una variación sustancial en la disponibilidad de energía, minerales y vitaminas del forraje. Esto ocurre porque factores como el suelo, la temporada climática y la fertilización modifican la composición nutricional del alimento, por lo cual es preciso realizar ajustes estadísticos que contemplen esta variabilidad, como bloques.

Otro aspecto limitante en este trabajo fue que la suplementación con bloques nutricionales y la administración de multivitamínicos se evaluaron como una única intervención combinada. Esto impidió diferenciar el efecto individual de cada componente sobre la respuesta reproductiva. Si bien esta decisión metodológica respondió a la intención de evaluar una estrategia integral aplicable en condiciones reales de finca, se reconoce que un diseño experimental con tratamientos separados o un diseño aleatorizado por bloques habría permitido identificar posibles efectos independientes o sinérgicos entre ambos factores. Asimismo, no se cuantificó el consumo individual de los bloques nutricionales, por lo que se asumió un consumo promedio similar entre los animales del grupo suplementado.

Sin embargo, debido al comportamiento gregario del ganado en pastoreo, es probable que existieran diferencias en la cantidad de suplemento ingerido por cada vaca, lo cual introduce una fuente potencial de variabilidad no controlada que puede haber afectado la respuesta individual al tratamiento. Adicionalmente, el tamaño muestral fue limitado a 30 animales, lo cual puede restringir la capacidad de generalizar los resultados a otras poblaciones con características distintas (por ejemplo, otras razas, condiciones nutricionales o etapas fisiológicas). Estas limitaciones serán consideradas para futuras investigaciones, donde se podrá ampliar la muestra y descomponer los tratamientos con un diseño factorial o por bloques.

De manera adicional, otra limitación del presente estudio fue una muestra con selección a conveniencia, donde encontramos muchas variables confusas. De hecho, algunos estudios similares han utilizado tamaños muestrales mayores. En Estados Unidos, Ahola et al. (29), encontraron en 178 vacas de carne, que la suplementación mineral mejoró la tasa de preñez en programas de inseminación artificial en comparación con las vacas que no recibieron suplementos de cobre, zinc o manganeso durante más de 1 año. En Brasil, Colli et al. (30), utilizaron 430 vacas de carne lactantes, a las cuales se les asignó un tratamiento con β -carotenos y vitaminas comerciales. Se encontró que la alimentación de vacas de carne en pastoreo con la combinación de β -caroteno y vitaminas A, D, E y biotina en el suplemento mineral aumentó la tasa de preñez en programas de IATF en un 15,6 %.

Más reciente (2021), Klein et al (31), encontró que la suplementación para cubrir el 100 o 150% de los requerimientos nutricionales de las vacas de carne en el último trimestre de gestación mejora la condición corporal de la vaca en las primeras semanas posparto, lo que resulta en un crecimiento folicular más rápido y, en consecuencia, un mayor porcentaje de hembras con folículos ovulatorios a los 21 días posparto. Los autores también reportaron que, proporcionar el 150% de los requerimientos nutricionales en el último trimestre de gestación mejora las tasas reproductivas y la eficiencia económica de las vacas de carne mantenidas en condiciones de pastoreo. Lo anterior, soporta que la recuperación de la condición corporal para mantener un adecuado estatus nutricional puede ser intervenida desde el parto, lo cual puede ser demostrado en futuros estudios bajo nuestras condiciones productivas y de manejo.

Finalmente, la suplementación con bloques multinutricionales con base de melaza y monensina en vacas primíparas Nelore, tanto en el periodo parto como posparto, ha demostrado mejorar significativamente la tasa de preñez en la primera IATF, así como el peso de las crías hasta el destete (32). Estos resultados respaldan el uso de esta estrategia nutricional como una herramienta efectiva para optimizar la fertilidad y el rendimiento de la progenie en sistemas de producción de ganado bovino de carne (32).

Conclusiones

Múltiples estudios demuestran la importancia de la disponibilidad de nutrientes como la energía, los minerales y las vitaminas en la fisiología reproductiva, lo que por ende permite deducir que producto de las deficiencias que tienen los pastos en general en Colombia y otros países tropicales, pueden ser causantes de un mayor número de días abiertos. Una alternativa importante para mitigar las deficiencias es la suplementación, por lo que se esperaría que en un ensayo que se ofertan cantidades de energía disponible, minerales y vitaminas con marcadas funciones reproductivas, debería favorecer la tasa de preñez en vacas con adecuadas condiciones zootécnicas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Corporación Universitaria Remington, hacienda Santa Ines, Jhon Fredy Osorio Ganadería SAS, quienes permitieron el desarrollo de esta investigación con apoyo en instalaciones, semovientes y recursos.

Financiamiento

Los autores no declaran fuente de financiamiento para la realización de este artículo.

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo.

Utilización de Inteligencia Artificial

Los autores declaran que no se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para la elaboración del artículo.

Referencias

1. Canfield R, Butler W. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *Journal of Animal Science*. 1991; 69: 740–746. <https://doi.org/10.2527/1991.692740x>
2. Gómez Ortiz L, Campos Gaona R. Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2016; 7(1), 147–156. <https://doi.org/10.22490/21456453.1545>
3. Bó G, Baruselli P. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*. 2014; 8 Suppl 1: 144–50. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
4. Bó G, Baruselli P, Mapletoft R. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Animal Reproduction*. 2013; 10(3): 137–142. Disponible en: <https://tinyurl.com/bdz8sa64>
5. Rodney R, Celi P, Scott W, Breinhild K, Santos J, Lean I. Effects of nutrition on the fertility of lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(6): 5115–5133. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14064>
6. Friggens N, Brun-Lafleur L, Faverdin P, Sauvant D, Martin O. Advances in predicting nutrient partitioning in the dairy cow: recognizing the central role of genotype and its expression through time. *Animal*. 2013; 7 Suppl 1: 89–101. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001820>

7. Hemingway R. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Veterinary Research Communications*. 2003; 27(2): 159–74. <https://doi.org/10.1023/a:1022871406335>
8. D'Occhio M, Baruselli P, Campanile G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*. 2019; 125: 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
9. Layek S, Mohanty T, Kumaresan A, Behera K, Chand S. Behavioural signs of estrus and their relationship to time of ovulation in Zebu (Sahiwal) cattle. *Animal Reproduction Science*. 2011; 129 (3–4): 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.11.006>
10. Butler S, Atkinson P, Boe-Hansen G, Burns B, Dawson K, Bo G, McGowan M. Pregnancy rates after fixed-time artificial insemination of Brahman heifers treated to synchronize ovulation with low-dose intravaginal progesterone releasing devices, with or without eCG. *Theriogenology*. 2011; 76(8): 1416–1423. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.06.010>
11. Tuberquia-López BC, Correa-Valencia NM. Revisión a profundidad de la tasa de concepción en programas de inseminación artificial a término fijo en el ganado: El caso colombiano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 2024; 35(5): e27316. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i5.27316>
12. Lopes C, Cooke R, Reis M, Peres R, Vasconcelos J. Strategic supplementation of calcium salts of polyunsaturated fatty acids to enhance reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*. 2011; 89(10): 3116–24. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3909>
13. Lopes C, Scarpa A, Cappelozza B, Cooke R, Vasconcelos J. Effects of rumen-protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*. 2009; 87(12): 3935–43. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2201>
14. Cooke R, Cappelozza B, Guarnieri Filho T, Depner C, Lytle K, Jump D, Bohnert D, Cerri R, Vasconcelos J. Effects of calcium salts of soybean oil on factors that influence pregnancy establishment in *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(5): 2239–50. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7422>
15. Macedo G, Lima B, Girotto R, Reixoto L, Leite Neto J, Schneider A, et al. Supplemental use of sodium glycerophosphate and sodium selenite during a timed ovulation protocol in Nelore females. En: *Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE)*; 2016 Aug 25–27; Foz do Iguaçu (Brazil). *Anim Reprod*. 2016;13(3):449. Disponible en: <https://tinyurl.com/ywb6t7wt>
16. Anchordoquy J, Anchordoquy J, Galarza E, Farnetano N, Giuliodori M, Nikoloff N, Fazzio L, Furnus C. Parenteral zinc supplementation increases pregnancy rates in beef cows. *Biological Trace Element Research*. 2019; 192(2): 175–182. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-1651-8>
17. Bolaños J, Meneses A, Forsberg M. 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. *Tropical Animal Health and Production*. 1996; 28(3): 237–46. <https://doi.org/10.1007/BF02240943>
18. Domínguez-Muñoz M, Guerra-Puga J, Berrones-Morales H, López-Zavala R, Salinas-Chavira J. Effects of body condition and supplementation on ovarian function, growth factors and response to estrus synchronization in postpartum beef cows in Tamaulipas, Mexico. *Acta Agriculturae*

- Scandinavica, Section A — Animal Science. 2018; 68(3): 124–133. <https://doi.org/10.1080/09064702.2019.1648546>
19. Dantas F, Reese S, Filho R, Carvalho R, Franco G, Abbott C, Payton R, Edwards J, Russell J, Smith J, Pohler K. Effect of complexed trace minerals on cumulus-oocyte complex recovery and in vitro embryo production in beef cattle. Journal Animal Science. 2019; 97(4): 1478–1490. <https://doi.org/10.1093/jas/skz005>
20. Short R, Bellows R, Staigmiller R, Berardinelli J, Custer E. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal Animal Science. 1990; 68(3): 799–816. <https://doi.org/10.2527/1990.683799x>
21. Hostetler C, Kincaid R, Mirando M. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. The Veterinary Journal. 2003; 166(2): 125–39. [https://doi.org/10.1016/s1090-0233\(02\)00310-6](https://doi.org/10.1016/s1090-0233(02)00310-6)
22. Morrow D. Phosphorus deficiency and infertility in dairy heifers. Journal of the American Veterinary Medical Association. 1969; 154(7): 761–768.
23. Cates W, Christensen D. The effect of nutrition on conception rate in beef cows at cumberland house, Saskatchewan. The Canadian Veterinary Journal. 1983; 24(5): 145–7. Disponible en: <https://tinyurl.com/mr2223x8>
24. Phillippo M, Humphries WR, Atkinson T, Henderson G, Garthwaite P. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty, fertility and oestrous cycles in cattle. The Journal of Agricultural Science; 1987; 109(2): 321–36. <https://doi.org/10.1017/S0021859600080758>
25. Silveira M, Restle J, Menezes L, Brondani I, Nörnberg J, Callegaro A. Metabólitos sanguíneos de vacas de corte suplementadas ou não com sais de cálcio de ácidos graxos durante o período pré e/ou pós-parto. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2012; 64(6): 1418–1426. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600003>
26. Silva VL, Borges I, Araújo A, Costa H, Messias Filho F, Inácio D, et al. Importância da nutrição energética e proteica sobre a reprodução em ruminantes. Revista Acta Kariri-Pesquisa e Desenvolvimento. Crato/CE. 2016; 1: 38–47.
27. Sá Filho M, Penteado L, Reis E, Reis T, Galvão K, Baruselli P. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. Theriogenology. 2013; 79(4): 625–32. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.016>
28. Sá Filho O, Meneghetti M, Peres R, Lamb G, Vasconcelos J. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: strategies and factors affecting fertility. Theriogenology. 2009; 72(2): 210–8. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.02.008>
29. Ahola J, Baker D, Burns P, Mortimer R, Enns R, Whittier J, Geary T, Engle T. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. Journal of Animal Science. 2004; 82(8): 2375–2383. <https://doi.org/10.2527/2004.8282375x>
30. Gouvêa V, Colli M, Gonçalves Junior W, Motta J, Acedo T, Vasconcellos G, et al. 2018. The combination of β -carotene and vitamins improve the pregnancy rate at first fixed-time artificial insemination in grazing beef cows. Livestock Science. 2018; 217: 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.09.002>

Tasa de concepción en vacas *Bos indicus* con sincronización de la ovulación y suplementadas nutricionalmente

31. Klein J, Adams S, De Moura A, Alves Filho D, Maidana F, Brondani I, Cocco J, Rodrigues L, Pizzuti L, Da Silva M. Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal*. 2021; 15(2): 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
32. Catussi B, da Silva L, Júnior F, et al. Prepartum and/or postpartum supplementation with monensin-molasses multinutrient blocks to optimize fertility and calf performance in primiparous beef cows. *Animal Bioscience* 2022; 35(11): 1675–1688. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0068>