

Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

## Efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados en el peso de becerros y parámetros reproductivos de vacas brahman

Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on calf weight and reproductive parameters of brahman cows

 Juan Camilo Ángel Cardona <sup>1</sup>  Eduardo Andrés Rojas Guzmán <sup>2, 3, 4 \*</sup>

<sup>1</sup> Sior Agro, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Institución Educativa Nicolás García Bahamón, Tello, Colombia.

<sup>3</sup> Corporación Universitaria del Huila Corhuila, Neiva, Colombia.

<sup>4</sup> Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Colombia.

\*Autor de correspondencia: Eduardo Andrés Rojas Guzmán. Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Afines, Corhuila, Calle 21 #06-01, Neiva, Colombia. [earojas2019-2@corhuila.edu.co](mailto:earojas2019-2@corhuila.edu.co).

Recibido: 19 de octubre de 2023  
Aprobado: 23 de septiembre de 2024  
Publicado: 13 de noviembre de 2024

Editor temático: Hernando Florez,  
(Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Mosquera, Colombia.

Para citar este artículo: Ángel Cardona, J. C., & Rojas Guzmán, E. A. (2024). Efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados en el peso de becerros y parámetros reproductivos de vacas brahman. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(3), e3562.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol25\\_num3\\_art:3562](https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3562)

**Resumen:** El uso de biotecnologías reproductivas en programas de selección y mejora genética busca obtener productos frente a características productivas. Para esta investigación, se comparó el desempeño reproductivo de 134 vacas sometidas a sincronización de celo para inseminación artificial a tiempo fijo, sin suplementación (T1) o con suplementación (T2) con ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), desde 15 días antes del inicio del protocolo hasta el día 75. El protocolo de sincronización usado fue: día 0: benzoato de estradiol con dispositivo intravaginal de progesterona; día 8: retiro del dispositivo y cloprostenol; día 10: inseminación a tiempo fijo y aplicación de acetato de busrelina. Después de la inseminación, las vacas permanecieron con un toro. La validación de los resultados usó un modelo completamente aleatorizado y la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) para interpretación de medias. Hubo una diferencia significativa en el tamaño del folículo preovulatorio ( $P < 0,0018$ ) y el tamaño del cuerpo lúteo ( $P < 0,007$ ) positivo para vacas suplementadas. La tasa de preñez a la inseminación a tiempo fijo fue de: T1 = 34,84 % y T2 = 46,26 %, donde el resultado fue un 11,42 % mayor para T2 ( $P < 0,05$ ); la tasa de preñez del toro fue de T1 = 37,86 % y T2 = 25,44 %, y resultó ser un 12,42 % mayor para T1 ( $P < 0,05$ ), sin diferencia entre tratamientos ( $P > 0,05$ ) para la tasa de preñez total. La ganancia de peso fue mayor en terneros hijos de vacas suplementadas (T1 = 19,6 vs. T2 = 33,07 kg) y la suplementación de vacas reproductoras con AGPI aumentó las tasas de preñez a la inseminación artificial a tiempo fijo, reduciendo el intervalo entre partos.

**Palabras clave:** ácidos grasos poliinsaturados, desempeño reproductivo, inseminación, sincronización, tasa de preñez.

**Abstract:** The use of reproductive biotechnologies in breeding and breeding programs is aimed at obtaining superior products in terms of product characteristics. The reproductive performance of 134 cows subjected to synchronization of estrus for artificial insemination at fixed time was compared; without supplementation (T1) or with supplementation (T2) with polyunsaturated fatty acids (PUFA) from 15 days *priori* to the start of the protocol until day 75. The following protocol of synchronization was used: day 0: estradiol benzoate with intravaginal progesterone device; day 8: removal of the device and cloprostenol; day 10: artificial insemination at fixed time and application of human chorionic gonadotropin. After insemination the cows remained with a bull. A completely randomized model was used, and the Tukey test ( $P < 0.05$ ) was used to interpret the means. There was a significant difference in the size of the preovulatory follicle size ( $P < 0.0018$ ), and the corpus luteum size ( $P < 0.007$ ) for supplemented cows. The pregnancy rate to fixed-time insemination for T1: 34.84 %; T2: 46.26 %, being 11.42 % higher for T2 ( $P < 0.05$ ). Bull pregnancy rate T1: 37.86%; T2: 25.44 % was 12.42 % higher for T1 ( $P < 0.05$ ), with no difference between treatments ( $P > 0.05$ ) for total pregnancy rate. Calf weight gain during the experimental period favoured the supplemented calves (T1: 19.6 kg; T2: 33.07 kg). Supplementation of breeding cows with PUFAs increased pregnancy rates to artificial fixed-time insemination and reduce the interval between births.

**Keywords:** Polyunsaturated fatty acids, reproductive performance, insemination, pregnancy rate, synchronization.



## Introducción

En los sistemas de producción ganadera es indispensable la búsqueda de alternativas para mejorar eficientemente la producción, diseñando procesos sostenibles y rentables que garanticen la seguridad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2023; Parra-Cortés et al., 2019). Por ende, los bajos índices reproductivos (días abiertos, intervalo entre partos o servicios por concepción) disminuyen la tasa de retorno, productividad y sostenibilidad de las empresas ganaderas (Lane et al., 2013; Mariscal-Aguayo et al., 2016; Silva Marizancén & Artunduaga Pimentel, 2017). Estos bajos índices se pueden aumentar con la utilización de técnicas de reproducción asistida, que a su vez son una herramienta de mejora genética, como el uso de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), lo que aumenta las tasas de preñez al tener un beneficio económico superior en un 38 % comparado con la monta natural, debido a la obtención de terneros con alto valor genético y económico (Johnson & Jones, 2008; Silva Marizancén & Artunduaga Pimentel, 2017; Ortuño, 2019). Es importante resaltar que estos resultados son influenciados por el uso de herramientas nutricionales y su manejo, lo que ayuda a reducir los costos de implementación en programas de IATF (Meléndez & Bartolomé, 2017).

Una de las etapas más críticas en los sistemas de cría es el periodo de transición, del cual depende el desempeño reproductivo de la vaca durante el subsecuente ciclo productivo (Roche et al., 2009; Castro et al., 2012; Moore et al., 2014). El balance energético negativo (BEN) presentado durante el periodo de transición trae como consecuencia la prolongación del anestro posparto, el aumento del número de días abiertos y, finalmente, la disminución en el índice reproductivo de la vaca (Roche et al., 2009). El uso de suplementos que permitan al animal superar el déficit nutricional y que adicionalmente tengan efectos nutracéuticos sobre la reproducción es una estrategia para mejorar el desempeño productivo y reproductivo (Lopreiato et al., 2020) (los alimentos nutracéuticos son sustancias que suministradas constantemente en la dieta tienen efectos adicionales a los vistos solo por la ingesta de nutrientes) (Angel, 2009; Santos et al., 2008).

La suplementación con jabones de calcio ricos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en vacas de cría mejora el balance energético, al aumentar el aporte de energía en forma de ácidos grasos (Hutchinson et al., 2011; Reis et al., 2012). Adicionalmente, la suplementación estratégica con AGPI de omega-3 y omega-6 aumentan las tasas de preñez en animales sometidos a técnicas de reproducción asistida como IATF (Lopes et al., 2009; Sinedino et al., 2017) y transferencia de embriones (TE) (Angel, 2009; Freret et al., 2019). Estos ácidos grasos tienen influencia en la fisiología reproductiva, aumentando el tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo (Childs et al., 2008; Jones & Lamb, 2008), la concentración plasmática de progesterona ( $P_4$ ) (Hutchinson et al., 2012; Santos et al., 2008), la insulina, el colesterol (Angel, 2009; Dirandeh et al., 2013) y el factor de crecimiento tipo insulina I (IGF I) (Cerri et al., 2009). También se ha demostrado que la suplementación con AGPI influye en la salud uterina y regula la síntesis de  $PGF_{2\alpha}$  (Childs et al., 2008; Dirandeh et al., 2013; Santos et al., 2008).

La hormona  $P_4$  prepara al útero al momento de la implantación del embrión, ayudando a mejorar las tasas de preñez y reduciendo la reabsorción embrionaria temprana (Reis et al., 2012; Soydan et al., 2017). Se ha documentado que la suplementación con AGPI incrementa la concentración plasmática de  $P_4$  a través de tres vías: primero, los AGPI aumentan la concentración plasmática

de colesterol (Angel, 2009; Dirandeh et al., 2013), el cual es precursor de las hormonas esteroideas; en segundo lugar, la suplementación con AGPI ha demostrado aumentar el tamaño del folículo preovulatorio por consecuencia del cuerpo lúteo (Salas et al., 2011), con mayor volumen de células luteales se pueden producir mayores cantidades de  $P_4$ ; y tercero, los AGPI disminuyen la tasa de metabolismo de la progesterona, aumentando la vida media ( $T_{1/2}$ ) de la misma (Dirandeh et al., 2015; Hutchinson et al., 2012).

El potencial de los AGPI de regular la síntesis de prostaglandinas y eicosanoides favorece la salud uterina en el posparto, facilitando la implantación del embrión que regula la luteolisis iniciada por la prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , dándole mayor oportunidad al embrión de enviar la señal de reconocimiento materno (Giller et al., 2018; Soydan et al., 2017), disminuyendo las pérdidas embrionarias tempranas y mejorando la tasa de preñez (Reis et al., 2012). Las tasas de preñez en programas de IATF pueden variar entre 42,2 % y 62,2 %, las cuales se ven afectadas por el estado nutricional de la hembra bovina (Borges et al., 2019; Carvalho et al., 2022). Con base en lo anterior, se estableció la pregunta de investigación: ¿es posible mejorar las tasas de preñez en vacas adultas con el uso de alimentos ricos en grasas poliinsaturadas en condiciones de pastoreo? Además, se planteó la hipótesis de que suplementar con AGPI a vacas brahman en la región de trópico bajo, sometidas a programas de IATF, mejora positivamente el tamaño de los folículos preovulatorios, el cuerpo lúteo, las tasas de preñez y aumenta la ganancia de peso de los terneros de las mismas. Con el objetivo de evaluar la suplementación con AGPI sobre los parámetros reproductivos, se realizó un experimento con vacas multíparas con cría de la raza brahman, sometidas a programas de IATF en el trópico bajo colombiano.

## Materiales y métodos

**Localización:** el experimento fue realizado en los meses de mayo a julio en la Hacienda La Parroquia, en ganadería de ciclo completo, localizada en el Bajo Cauca, municipio de Ayapel (Córdoba, Colombia), zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T), con una temperatura promedio de 28 °C, precipitación anual de 2500 mm y a una altura de 25 m s.n.m., caracterizada por una topografía plana y suelos de baja fertilidad.

**Animales:** se utilizaron 134 vacas con peso promedio de 410 kg  $\pm$  48,5 de la raza brahman, multíparas con cría al pie. Las hembras fueron seleccionadas por medio de ecografía transrectal, bajo los siguientes parámetros: más de 70 días posparto, condición corporal mayor a 2,5 con escala de 1-5 según Edmonson et al. (1989) y presencia de un cuerpo lúteo funcional al momento de la selección de los animales (vacas cíclicas), los cuales se manejaron de acuerdo con los “Principios Éticos Internacionales para Investigación Biomédica con Animales” del Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) y establecidos por la United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (Unesco) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1949, cumpliendo también con la Ley 84 del 27 de diciembre de 1989 (Estatuto Colombiano de Protección Animal) (Mrad, 2006).

**Tratamientos:** las vacas fueron sometidas aleatoriamente a dos grupos: tratamiento 1 ( $T_1$ ,  $n = 67$ ) sin suplementación (grupo control) y tratamiento 2 ( $T_2$  AGPI,  $n = 67$ ) grupo suplementado con grasa sobrepasante y rica en AGPI de origen vegetal (ácido linoleico a 17 % y ácido

linolénico a 0,5 %; tabla 1). La suplementación fue suministrada en grupos, diariamente en horas de la mañana (7:00-8:00 a. m.) y en una cantidad de 150 g/animal/día. Los animales se suplementaron 15 días antes del protocolo, hasta el día de confirmación de preñez, y hasta 50 días después de la IATF, por lo cual, las vacas se suplementaron durante 75 días en total.

**Manejo:** las vacas se manejaron en un sistema de pastoreo rotacional con pasturas de humidicola (*Brachiaria humidicola*) y decumbens (*Brachiaria decumbens*), con descansos promedios de 50 días y periodos de ocupación de dos a tres días, con 2000 kg de materia seca/ha. El consumo del suplemento con AGPI fue de 150 g/animal en tratamiento, complementado con suministro de agua a voluntad.

El protocolo de sincronización usado para los tratamientos fue:

- Día 0: dispositivo intravaginal bovino (DIB) con 0,5 g de P<sub>4</sub> y aplicación de 2 mg de benzoato de estradiol (BE).
- Día 8: retiro del DIB y aplicación de 0,15 mg de D-cloprostenol.
- Día 10: inyección con 0,084 mg de acetato de buserelina (GnRH) e IATF entre las 48 y 52 horas después de retirar el DIB (figura 1).

Luego, 18 días después de la IATF, las vacas se colocaron con toros de fertilidad comprobada de raza brahman (monta natural) hasta el día de diagnóstico de preñez. Los toros usados para la IATF fueron de la especie *Bos taurus*.



**Figura 1.** Protocolo de sincronización usado durante el experimento en vacas de la raza brahman  
Fuente: Elaboración propia

## Variables evaluadas en los animales

### *Ganancia de peso de los terneros*

Los 134 terneros fueron pesados de forma individual en una báscula mecánica, previo ayuno de 12 horas en el corral. El ayuno consistió en separar los terneros de la vaca desde las 5:00 p. m. del día anterior y el pesaje se realizó entre 5:00 a. m. y las 7:00 a. m. del siguiente día. Los terneros permanecieron encerrados en el corral sin acceso a alimento y separados de las vacas.

Se realizó el registro de peso vivo en tres ocasiones, uno al inicio del experimento en el día 1, otro al momento de la IATF y el tercer pesaje fue el día del diagnóstico de preñez. La diferencia entre pesajes consecutivos permitió obtener la ganancia de peso de los becerros durante el experimento (75 días). Desde su nacimiento, los terneros presentaron tatuajes de identificación en la oreja derecha para registrar los datos del estudio.

### ***Tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo***

Para determinar el tamaño del folículo preovulatorio y el del cuerpo lúteo para el día de la IATF y el día del diagnóstico de preñez, se realizó un estudio por medio de ultrasonografía utilizando un ecógrafo (ALOKA SSD 500) acoplado a una sonda de 5 Mhz (Overseas Monitor Corporation Ltd., Richmond, Canadá).

### ***Tasa de preñez por IATF, por monta natural y final***

Las tasas de preñez de los animales se calcularon mediante un diagnóstico reproductivo 50 días después de la IATF, donde se determinó que los animales con 50 días de preñez pertenecían a la inseminación artificial (IA) y las preñeces con edades gestacionales menores se consideraron producto del repaso con toros. La tasa de preñez final fue calculada teniendo en cuenta a todos los animales que resultaron preñados al momento del diagnóstico de gestación en cada tratamiento.

### ***Análisis estadístico***

Para el análisis de la información, se utilizó un modelo completamente aleatorizado, siendo el animal la unidad experimental. Por tanto, en T1 se tuvieron 67 repeticiones y en T2 (AGPI), 67 repeticiones ( $n$  total = 134). Para realizar el análisis de ganancia de peso de los terneros, el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo, se utilizó un modelo lineal con procedimiento general AOV (Statistix, 1995). Para contrastar e interpretar las medias, se utilizó la prueba Tukey ( $P < 0,05$ ) y, además, se aplicó la prueba de asociación  $\chi^2$  (Statistix, 1995) para el análisis de las variables de tasa de preñez a la IATF, tasa de preñez toro y tasa de preñez final (IATF + repaso con toros). El modelo estadístico para la ganancia de peso, así como del tamaño del cuerpo lúteo y del folículo preovulatorio, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + T_i + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$ : j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento

$\mu_i$ : efecto medio

$T_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento ( $i = 1, 2, 3$ )

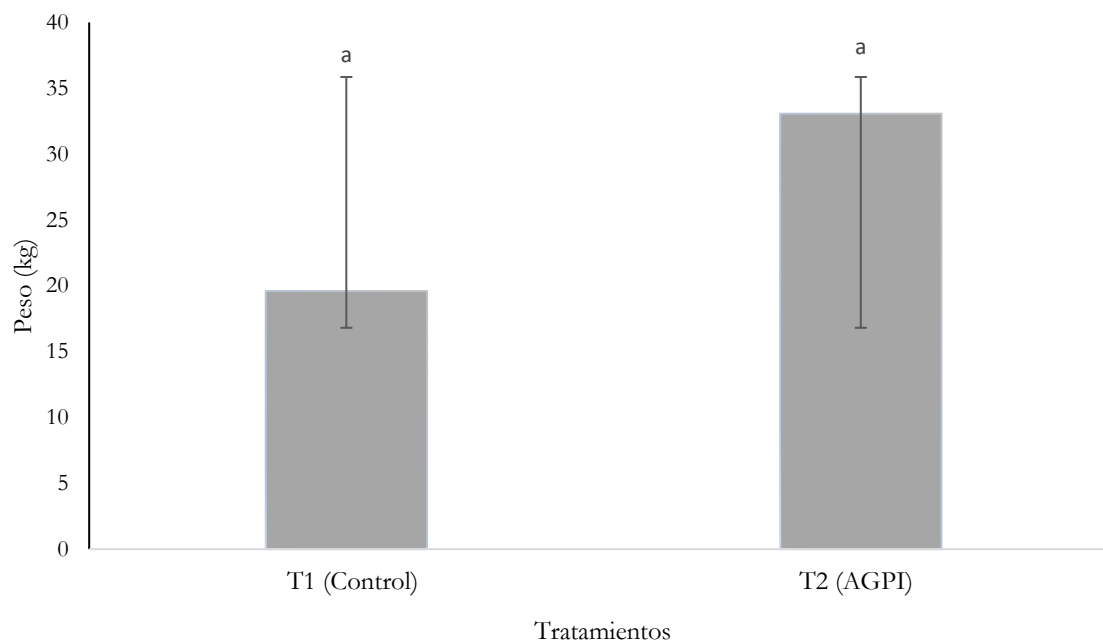
$E_{ijk}$ : j-ésimo error asociado a ij-ésima observación

Todas las variables presentaron una distribución normal y variancias homogéneas.

## **Resultados y discusión**

### **Ganancia de peso de los terneros**

La ganancia de peso de los terneros no presentó diferencia entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). La ganancia media de peso obtenida para las crías de vacas suplementadas con AGPI fue de 33,07 kg y para las crías de vacas sin suplementar la ganancia media de peso fue de 19,6 kg (figura 2).



**Figura 2.** Ganancia de peso total de las crías entre tratamientos

\* Tratamientos con igual letra no presentan diferencias (Tukey;  $P > 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

Durante el experimento no se presentó diferencia estadística en la ganancia de peso de las crías; sin embargo, T2 (AGPI) obtuvo 13,47 kg de peso adicionales en comparación con las crías de vacas que no recibieron suplementación. Algunos autores han reportado que la suplementación con AGPI aumenta la producción de leche, esto atribuido al mayor consumo de energía de las vacas suplementadas (Cardona-Iglesias et al., 2019; Duque Quintero et al., 2011; Reis et al., 2012). Al igual que en los estudios de Espinoza et al. (2010), se utilizaron vacas productoras de carne en el primer tercio de lactancia, con las cuales se obtuvo una mayor producción de leche en el grupo que consumió AGPI, comparado con el tratamiento testigo que no recibió grasa adicional, además, en el mismo estudio, los terneros de 90 días de edad de vacas suplementadas con sebo de bovino y grasa sobrepasante ganaron más peso que el tratamiento no suplementado con AGPI.

Adicionalmente, en un experimento llevado a cabo por Reis et al. (2012), se reportó una diferencia en la producción de leche de las vacas suplementadas con AGPI frente a vacas que no recibieron suplemento, llegando a la conclusión de que estos suplementos incrementaban la producción de leche al aumentar la energía disponible y la persistencia de la lactancia. Cabe resaltar que este estudio mide indirectamente la habilidad materna en producción de leche de las vacas suplementadas con AGPI, en comparación con la investigación de Mohtashami et al. (2022), quienes evaluaron la suplementación de terneros Holstein de 3 a 65 días de edad, suplementados con diferentes fuentes de grasa y observando que los terneros que recibieron aceite de soya (grasa protegida) ganaron más peso corporal, comparado con el grupo testigo y el grupo que recibió aceite de pescado, lo anterior debido a que se logró una mayor ingesta de alimento. Además, la alta demanda de nutrientes por parte del ternero en la etapa de transición y desarrollo ruminal se vio afectada por el consumo de fibra de calidad (Castro et al., 2012;

EbnAli et al., 2016; Nematí et al., 2016), lo que pudo haber alterado los resultados de ganancia de peso de los terneros durante el experimento, por lo cual, se abre una línea de investigación que deberá probar la hipótesis de que la suplementación con fuentes de AGPI favorece la ganancia de peso de los becerros con la influencia de otros factores ambientales.

### **Tamaño del folículo preovulatorio**

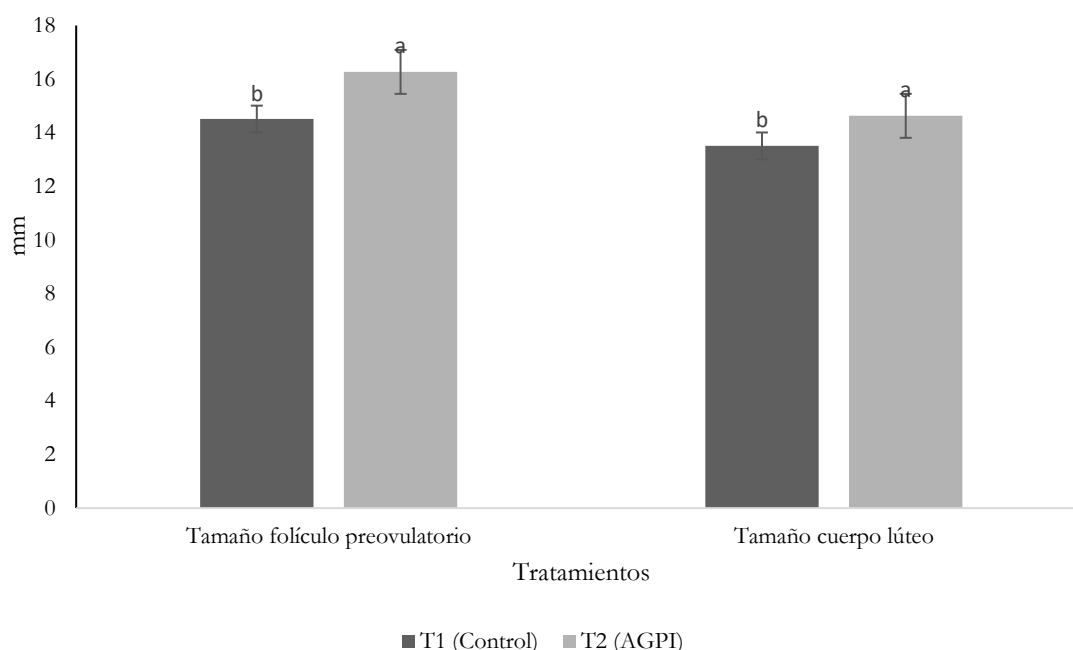
El tamaño del folículo preovulatorio presentó diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P = 0,0018$ ), 16,27 vs. 14,51 mm para T2 y T1, respectivamente (figura 3). Estos resultados concuerdan con lo observado por Dirandeh et al. (2013), quienes encontraron un mayor número de folículos de diámetro superior en vacas alimentadas con dos fuentes de AGPI: linaza extruida (omega-3) y soya entera tostada (omega-6), comparado con vacas control que recibieron aceite de palma, además, el diámetro de los folículos al día 21 del ciclo estral fue mayor para la dieta de soya ( $16,1 \pm 0,91$  mm) y linaza ( $15,7 \pm 0,75$  mm), frente al control que consumió palma ( $13,2 \pm 0,86$  mm).

Los resultados en la presente investigación se explican posiblemente porque el suministro de ácido linoleico aumenta la síntesis de colesterol, precursor de la  $P_4$ , relacionada con el aumento en circulación del factor de crecimiento de insulina tipo I (IGF I), que presentó influencia en el crecimiento folicular y desarrollo del cuerpo lúteo, además de aumento en sitios de unión de la hormona LH, en las células de la teca e incremento en la síntesis de estrógenos ováricos, comparado con las vacas que no recibieron suplementación (Bionaz et al., 2020; Moallem, 2018). En algunos experimentos se reportó un diámetro similar entre los tratamientos: 14,55 mm en el grupo control y 14,18 mm en el grupo con grasa de soya (Childs et al., 2008). En otros estudios no se encontraron diferencias comparando fuentes de grasa: aceite de palma, ácido linoleico y trans-octadecenoico, en vacas suplementadas en el periodo de transición a lactancia (Cerri et al., 2009). Por su parte, Hutchinson et al. (2012) reportaron una tendencia en el aumento de longitud del ciclo estral, como también en el número de folículos en la primera onda del ciclo estral cuando utilizaron AGPI. Todos estos estudios, comparados con nuestra investigación, pueden ser explicados debido al nivel de inclusión y a la fuente de AGPI utilizada (Childs et al., 2008).

### **Tamaño del cuerpo lúteo**

El tamaño del cuerpo lúteo presentó diferencias ( $P = 0,007$ ) entre tratamientos. Las vacas suplementadas con AGPI presentaron un tamaño del cuerpo lúteo de 14,63 mm, frente a vacas sin suplementación con 13,51 mm (figura 3).

En la presente investigación se encontraron diferencias ( $P = 0,007$ ) entre los tratamientos con mayor diámetro del cuerpo lúteo en el grupo de vacas que recibió AGPI. Estos resultados son congruentes con otras investigaciones que reportaron una relación lineal y cuadrática en la respuesta del diámetro del cuerpo lúteo en el día siete pos-estro, cuando en la dieta se incluyó aceite de pescado (n-3) y se relacionó con el aumento de colesterol (Childs et al., 2008). En otros estudios, donde compararon fuentes de AGPI, su efecto en el diámetro del cuerpo lúteo usando: linaza extruida (17,70 mm), soya entera tostada (18,30 mm) contra aceite de palma (14,85 mm), ayudó a observar que alimentar a vacas con fuentes de ácido linoleico aumentaba el diámetro del cuerpo lúteo y disminuía los casos de endometritis clínica, reduciendo los días en el proceso de involución (Dirandeh et al., 2013).



**Figura 3.** Tamaño del folículo preovulatorio y tamaño del cuerpo lúteo en vacas multíparas sometidas a un programa de IATF y suplementadas con AGPI hasta 75 días pos IA

\*Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias (Tukey;  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

Los resultados favorables al T2 AGPI pueden deberse a que los ácidos poliinsaturados aumentaron el colesterol en sangre y el tamaño del cuerpo lúteo que promueve la síntesis de progesterona, relacionado con el IGF-I que favorece el crecimiento y desarrollo del cuerpo lúteo (Childs et al., 2008; Dirandeh et al., 2013).

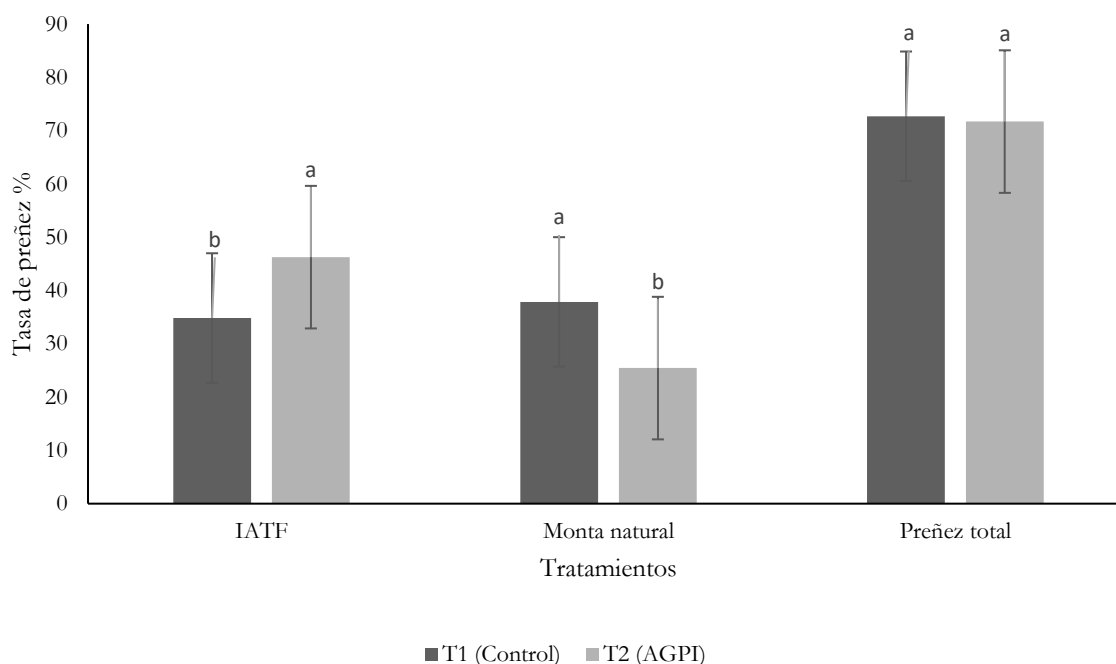
En otra investigación se reportó que no se presentó diferencia entre tratamientos, al evaluar el tamaño del diámetro del cuerpo lúteo, suministrando dos fuentes de grasa en la dieta (Childs et al., 2008). Por otro lado, Angel (2009), con el objetivo de evaluar el efecto de la inclusión de jabones cálcicos de ácidos grasos en novillas receptoras de embriones de cruce Angus x Hereford, no observó diferencia en el tamaño del cuerpo lúteo entre los tratamientos con y sin suplementación con AGPI, resultado asociado al uso de fuentes lipídicas y al número de unidades experimentales utilizadas en el estudio. Estos resultados difieren de los del presente estudio, posiblemente por el perfil de ácidos grasos en sangre e ingesta de AGPI usados en la dieta, y por su estado fisiológico al momento del experimento (Childs et al., 2008).

### Tasas de preñez

La tasa de preñez a la IATF (figura 3) presentó diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P < 0,05$ ), siendo 11,42 % mayor para T2 AGPI (T2 = 46,26 %) comparado con T1 (T1 = 34,84 %). En la tasa de preñez con toro se presentaron diferencias ( $P < 0,05$ ) con 12,62 % mayor para T1 (T1 = 37,86 %) frente a T2 AGPI (T2 = 25,44 %) (figura 3). La tasa de preñez final no



presentó diferencias entre los tratamientos evaluados ( $P > 0,05$ ) (T1 = 72,7 % vs. T2 = 71,7 %). Todos los datos se registraron en la figura 4.



**Figura 4.** Tasas de preñez a la IATF, con monta natural y total entre los tratamientos en vacas multíparas

\*<sup>a,b</sup> Letras diferentes entre los tratamientos indican diferencias (Tukey;  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

En el presente estudio, los resultados obtenidos en cuanto a la tasa de preñez concordaron con los de Lopes et al. (2009), quienes obtuvieron una mayor tasa de preñez al suplementar con AGPI inertes en el rumen (100 g/animal) en vacas sometidas a IATF, comparado con la dieta control (51,2 % vs. 39,6 %, respectivamente). Asimismo, lo anterior fue apoyado con los resultados de otro experimento, al suplementar vacas con AGPI en diferentes periodos, obteniendo tasas de preñez superiores para las hembras que se suplementaron hasta 28 días pos-IATF. De esta manera, la adición de AGPI en la dieta tuvo un efecto hormonal, aumentando la fertilidad de las vacas (Lopes et al., 2009). Por otra parte, en un estudio realizado por Bork et al. (2010), se reportaron tasa de preñez de un 34 % y que están por debajo a los obtenidos en nuestra investigación, en el grupo de animales que se suplementaron con AGPI (46,26 %).

El mayor porcentaje de preñez por IA (11,42 %) correspondió al grupo que recibió AGPI, lo cual puede deberse al ácido linoleico presente en el suplemento, ya que este ácido disminuye la secreción de PGF2 $\alpha$  y tiene un efecto sobre el desarrollo del folículo preovulatorio, el tamaño del cuerpo lúteo y las concentraciones de progesterona, lo que favorece que el embrión lleve a cabo el reconocimiento materno, aumentando la fertilidad y que se reduzca el periodo parto-concepción (Castro et al., 2019; Domínguez et al., 2017; Elis et al., 2016).

En el presente experimento, para la tasa de preñez final (figura 4) no hubo diferencias entre tratamientos, sin embargo, al obtener mayor preñez por la técnica de IATF a los animales que recibieron AGPI tendría un impacto positivo sobre el desempeño reproductivo y productivo, debido a que el progreso genético vía padre se tendrá a través del tiempo y se agruparán los partos más tempranamente (Bertolini & Bertolini, 2009; Silva Marizancén & Artunduaga Pimentel, 2017).

Adicionalmente, Reis et al. (2012) reportaron una reducción en las pérdidas de preñez por servicio cuando las vacas fueron suplementadas con AGPI (aproximadamente un 5,7 %); asimismo, se tuvieron efectos positivos en la producción de leche, sin embargo, hace falta más investigación en el nivel de inclusión de los AGPI y el beneficio reproductivo a largo plazo. Además, son necesarios otros estudios que consideren la suplementación con AGPI en pastoreo, donde se mida la individualización del consumo, teniendo en cuenta los factores que influyan en la técnica reproductiva de la IATF y, adicionalmente, realizar una medición de los niveles hormonales, para conocer cómo influyen las hormonas reproductivas en los resultados de preñez.

## Conclusiones

La suplementación con AGPI, a través de grasas sobrepasantes en vacas brahman de cría, aumenta la tasa de preñez a la primera IATF, reduciendo los días abiertos debido a un incremento en el tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo. Asimismo, la suplementación no tuvo influencia positiva en la ganancia de peso de terneros de las vacas suplementadas.

**Tabla 1.** Composición nutricional del suplemento con AGPI utilizado en el experimento

Parámetro	Porcentaje (%)
Grasa total	80 % mínimo
Humedad	7 % máximo
Ceniza	14 % máximo
Calcio	9 % máximo
Ácidos grasos insaturados	49 %
Ácidos grasos saturados	51 %
Ácido linoleico (omega-6)	17 % mínimo
Ácido linolénico (omega-3)	0,5 % mínimo
Sat: Insat	1:0,9
Mcal EM / kg MS	6,5 min
Mcal ENI / kg MS	5,0 min

Tipo de grasa	Jabón cálcico
Ingredientes	Aceite de soya, aceite de girasol, aceite de canola, aceite de palma
Índice de peróxidos	1 meq/ kg (máx)
Acidez	3 % (máx)
Material insaponificable	Menos del 5 %
AGL	0,5 % (máx.)

AGL: ácidos grasos libres, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, kg MS: kilogramo de materia seca, Mcal EM: megacaloría energía metabolizable, Mcal ENI: megacaloría energía neta de lactancia, Sat: saturado, insat: insaturado.

Fuente: elaboración propia con información provista por Tecnigras Suplementos y Nutrientes S. A. S.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Tecnigras suplementos y nutrientes S. A. S. y a la Hacienda La Parroquia, en cabeza su propietario Juan Gonzalo Restrepo, por la financiación de la investigación. Además, agradecer a los revisores de la revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria por su ayuda en la mejora del manuscrito.

## Contribución de los autores

Juan Camilo Ángel Cardona: registro de la información en campo, construcción de las bases de datos, análisis estadístico, interpretación de los datos y construcción del manuscrito; Eduardo Andrés Rojas Guzmán: análisis de la información, construcción bases de las datos, figuras y tablas, y elaboración del manuscrito.

## Implicaciones éticas

La investigación tuvo en cuenta los procesos y principios éticos internacionales para investigación biomédica y en cumplimiento de la Ley 84 de 1989. Además, todos los autores declaran que el trabajo se encuentra en un estado desarrollo en el que no presenta implicaciones éticas.

## Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## Financiación

Esta investigación fue financiada por la empresa Tecnigrasas Suplementos y Nutrientes S. A. S. y la Hacienda La Parroquia.

## Referencias

- Angel, J. C. (2009). *Suplementación de vacas receptoras de embriones con ácidos grasos poliinsaturados esterificados* [tesis de Maestría, Universidade Federal do Rio do Grande do Sul, Brasil]. Repositorio Digital Lume. <http://hdl.handle.net/10183/28303>
- Bertolini, M., & Bertolini, L. R. (2009). Advances in reproductive technologies in cattle: from artificial insemination to cloning. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(III), 184-194. <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221004.pdf>
- Bionaz, M., Vargas-Bello-Pérez, E., & Busato, S. (2020). Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), 110. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00512-8>
- Bork, N. R., Schroeder, J. W., Lardy, G. P., Vonnahme K. A., Bauer M. L., Buchanan D. S., Shaver R. D., & Fricke, P. M. (2010). Effect of feeding rolled flaxseed on milk fatty acid profiles and reproductive performance of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 88(11), 3739-3748. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2841>
- Cardona-Iglesias, J. L., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Consumo y productividad en vacas holstein pastoreando un sistema silvopastoril vs monocultivo de kikuyo y suplementadas con grasas insaturadas. *Revista Científica de la Facultad de Veterinaria de la Universidad del Zulia*, 29(1), 20-33. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29616>
- Carvalho, R. S., Cooke, R. F., Cappelozza, B. I., Peres, R. F. G., Pohler, K. G., & Vasconcelos, J. L. M. (2022). Influence of body condition score and its change after parturition on pregnancy rates to fixed-timed artificial insemination in Bos indicus beef cows. *Animal Reproduction Science*, 243, 107028. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.107028>
- Castro, N., Kawashima, C., van Dorland, H. A., Morel, I., Miyamoto, A., & Bruckmaier, R. M. (2012). Metabolic and energy status during the dry period is crucial for the resumption of ovarian activity postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 5804-5812. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5666>
- Castro, T., Martinez, D., Isabel, B., Cabezas, A., & Jimeno, V. (2019). Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: effects on productive and reproductive performance. *Animals*, 9(5), 205. <https://doi.org/10.3390/ani9050205>
- Cerri, R. L. A., Juchem, S. O., Chebel, R. C., Rutigliano, H. M., Bruno, R. G. S., Galvão K. N., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2009). Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1520-1531. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1614>
- Childs, S., Hennessy, A. A., Sreenan, J. M., Wathes, D. C., Cheng, Z., Stanton, C., Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2008). Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle. *Theriogenology*, 70(4), 595-611. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.002>

- Dirandeh, E., Towhidi, A., Ansari Pirsaraei, Z., Adib Hashemi, F., Ganjkanluo, M., Zeinoaldino, S., Rezaei Roodbari, A., Saberifar, T., & Petit, H. V. (2013). Plasma concentrations of PGFM and uterine and ovarian responses in early lactation cows fed omega-3 and omega-6 fatty acids. *Theriogenology*, 80(2), 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.03.012>
- Dirandeh, E., Towhidi, A., Pirsaraei, Z. A., Saberifar, T., Akhlaghi, A., & Roodbari, A. R. (2015). The endometrial expression of prostaglandin cascade components in lactating dairy cows fed different polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, 83(2), 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.09.011>
- Domínguez, C., Ruiz, A. Z., Pérez, R., Martínez, N., Pinto, L., & Díaz, T. (2017). Efecto de la adición de ácidos grasos poliinsaturados sobre el comportamiento reproductivo y productivo en vacas mestizas carora en los llanos centrales de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 58(2), 53-67. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-65762017000200002](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762017000200002)
- Duarte Ortuño, A. (2019). *Manual de inseminación artificial de ganado*. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/veracruz/fmvz/files/2019/03/manualia.pdf>
- Duque Quintero, M., Olivera, M., & Rosero Noguera, R. (2011). Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1), 74-82. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324633>
- EbnAli, A., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Mahdavi, A. H., Malekhhahi, M., Mirzaei, A., Pezeshki, A., & Ghaffari, M. H. (2016). Effects of forage offering method on performance, rumen fermentation, nutrient digestibility and nutritional behaviour in Holstein dairy calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(5), 820-827. <https://doi.org/10.1111/jpn.12442>
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 68-78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0)
- Elis, S., Freret, S., Desmarchais, A., Maillard, V., Cognié, J., Briant, E., Touzé, J. L., Dupont, M., Faverdin, P., Chajés, V., Uzbekova, S., Monget, P., & Dupont, J. (2016). Effect of a long chain n-3 PUFA-enriched diet on production and reproduction variables in Holstein dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 164, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.11.020>
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega-Pérez, R., Palacios-Espinosa, A., & Guillén-Trujillo, A. (2010). Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(1), 25-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2010000100004>
- Freret, S., Osekria, M., Le Bourhis, D., Desmarchais, A., Briant, E., Desnoes, O., Dupont, M., Le Berre, L., Ghazouani, O., Bertevello, P. S., Teixeira-Gomes, A. P., Labas, V., Uzbekova, S., Salvetti, P., Maillard, V., & Elis, S. (2019). Effects of a n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched diet on embryo production in dairy cows. *Reproduction*, 158(1), 71-83. <https://doi.org/10.1530/rep-18-0644>
- Giller, K., Drews, B., Berard, J., Kienberger, H., Schmicke, M., Frank, J., Spanier, B., Daniel, H., Geisslinger, G., & Ulbrich, S. E. (2018). Bovine embryo elongation is altered due to maternal fatty acid supplementation. *Biology of Reproduction*, 99(3), 600-610. <https://doi.org/10.1093/biolre/i0y084>

- Hutchinson, I., de Veth, M. J., Stanton, C., Dewhurst, R. J., Lonergan, P., Evans, A. C. O., & Butler, S. T. (2011). Effects of lipid encapsulated-conjugated acid supplementation on milk production, bioenergetics status and indicators of reproductive performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 78(3), 308-317. <https://doi.org/10.1017/s0022029911000422>
- Hutchinson, I. A., Hennessy, A. A., Waters, S. M., Dewhurst, R. J., Evans, A. C. O., Lonergan, P., & Butler, S. T. (2012). Effect of supplementation with different fat sources on the mechanisms involved in reproductive performance in lactating cattle. *Theriogenology*, 78(1), 12-27. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.12.031>
- Johnson, S. K., & Jones, R. D. (2008). A stochastic model to compare breeding system costs for synchronization of estrus and artificial insemination to natural service. *The Professional Animal Scientist*, 24(6), 588-595. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30909-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30909-8)
- Jones, A. L., & Lamb, G. C. (2008). Nutrition, synchronization, and management of beef embryo transfer recipients. *Theriogenology*, 69(1), 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.004>
- Lane, E. A., Crowe, M. A., Beltman, M. E., & More, S. J. (2013). The influence of cow and management factors on reproductive performance of Irish seasonal calving dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 141(1-2), 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.06.019>
- Lopes, C. N., Scarpa, A. B., Cappallozza, B. I., Cooke, R. F., & Vasconcelos, J. L. M. (2009). Effects of rumen-protected polyunsaturated fatty acid supplementation on reproductive performance of *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*, 87(12), 3935-3943. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2201>
- Lopreato, V., Mezzetti, M., Cattaneo, L., Ferronato, G., Minuti, A., & Trevisi, E. (2020). Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 96. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00501-x>
- Mariscal-Aguayo, V., Pacheco-Cervantes, A., Estrella-Quintero, H., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., & Núñez-Domínguez, R. (2016). Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico en los Altos de Jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(3), 493-507. <https://doi.org/10.22231/asyd.v13i3.408>
- Marizancén Silva, M. A., & Artunduaga Pimentel, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 247-259. <https://doi.org/10.22490/21456453.2050>
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(4), 407-417. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4160>
- Moallem, U. (2018). Invited review: roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8641-8661. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14772>
- Mohtashami, B., Khalilvandi-Behroozyar, H., Pirmohammadi, R., Dehghan-Banadaky, M., Kazemi-Bonchenari, M., Dirandeh, E., & Ghaffari, M. H. (2022). The effect of supplemental bioactive fatty acids on growth performance and immune function of milk-fed Holstein dairy calves during heat stress. *British Journal of Nutrition*, 127(2), 188-201. <https://doi.org/10.1017/s0007114521000908>
- Moore, S. G., Fair, T., Lonergan, P., & Butler, S. T. (2014). Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: IV. Transition period, uterine health, and resumption of cyclicity. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2740-2752. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7278>

- Mrad de Osorio, A. (2006). Ética en la investigación con modelos animales experimentales. Alternativas y las 3 RS de Russel. Una responsabilidad y un compromiso ético que nos compete a todos. *Revista Colombiana de Bioética*, 1(1), 163-183. [https://programasbioetica.unbosque.edu.co/publicaciones/Revista/Revista1/Articulo/Mrad de Osorio.pdf](https://programasbioetica.unbosque.edu.co/publicaciones/Revista/Revista1/Articulo/Mrad%20de%20Osorio.pdf)
- Nemati, M., Amanlou, H., Khorvash, M., Mirzaei, M., Moshiri, B., & Ghaffari, M. H. (2016). Effect of different alfalfa hay levels on growth performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein dairy calves. *Journal of Animal Science*, 94(3), 1141-1148. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0111>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2023). *Avances y desafíos en la ganadería de América Latina y el Caribe - Medidas de mitigación apropiadas para cada país*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/adc34259-d540-484e-a965-3bba026c2b03/content>
- Parra-Cortés, R. I., Magaña-Magaña, M. A., & Piñeiro-Vázquez, A. T. (2019). Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115(4), 342-359. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7208138>
- Reis, M. M., Cooke, R. F., Ranches, J., & Vasconcelos, J. L. M. (2012). Effects of calcium salt of polyunsaturated fatty acids on productive and reproductive parameters of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7039-7050. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5502>
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Sciences*, 92(12), 5769-5801. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
- Salas-Razo, G., Herrera-Camacho, J., Gutiérrez-Vázquez, E., Ku-Vera, J. C., & Aké-López, J. R. (2011). Postpartum ovarian activity resumption and plasma concentration of lipid metabolites and progesterone in cows supplemented with bypass fat. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 385-392. <https://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/491/539>
- Santos, J. E. P., Bilby, T. R., Thatcher, W. W., Staples, C. R., & Silvestre, F. T. (2008). Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(supl. 2), 23-30. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01139.x>
- Sinedino, L. D. P., Honda, P. M., Souza, L. R. L., Lock, A. L., Boland, M. P., Staples, C. R., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2017). Effects of supplementation with docosahexaenoic acid on reproduction of dairy cows. *Reproduction*, 153(5), 707-723. <https://doi.org/10.1530/rep-16-0642>
- Statistix. (1996). *Software Analyze Statistical versión 1.0 (s.1: s.n)*. Estados Unidos: Statistix.
- Souza Borges, J. B., Varella Gonsioroski, A., & Pradebon da Silva, E. (2019). Effects of polyunsaturated fatty acids (PUFA) supplementation on reproductive performance of beef heifers submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47(1). <https://doi.org/10.22456/1679-9216.95139>
- Soydan, E., Şen, U., & Şirin, E. (2017). Relationship between dietary fatty acids and reproductive functions in dairy cattle. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(12), 1575-1579. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1575-1579.1271>