





## **Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina**

### **Fixed-time artificial insemination and reinsemination of beef cows treated with and without equine chorionic gonadotropin**

José Luis Espinoza-Villavicencio <sup>1</sup>  [0000-0001-8609-8325](https://orcid.org/0000-0001-8609-8325)  
Alejandro Palacios-Espinosa <sup>1</sup>  [0000-0002-4726-4164](https://orcid.org/0000-0002-4726-4164)  
Ricardo Ortega-Pérez <sup>1</sup>  [0000-0002-3718-9439](https://orcid.org/0000-0002-3718-9439)  
Ariel Guillén-Trujillo <sup>1</sup>  [0000-0002-2497-7540](https://orcid.org/0000-0002-2497-7540)  
Eduardo Manríquez-Hirales <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur  [rortega@uabcs.mx](mailto:rortega@uabcs.mx)  
© Universidad De La Salle Bajío (México)

**Palabras clave:** bovinos para carne; eficiencia reproductiva; sincronización; resincronización; tasa de gestación; ovulación; inseminación artificial; reinseminación; vacas; carne

**Keywords:** beef cattle; reproductive efficiency; synchronization; resynchronization; gestation rate; ovulation; artificial insemination; reinsemination; cows; meat

Recepción: 18 – 01 – 2021 / Aceptación: 10 – 06 – 2021

---

## **Resumen**

**Introducción:** los objetivos fueron evaluar el estro y la gestación en vacas *Bos Taurus*, tratadas con un protocolo para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con y sin gonadotropina coriónica equina (eCG). Se evaluó también la gestación acumulada con la resincronización de la ovulación 30 días después de la primera IATF.

**Método:** las vacas se asignaron al azar a dos tratamientos: Tratamiento 1 (n = 60), se sincronizó con 2 mg de benzoato de estradiol y un dispositivo intravaginal (DIV) de progesterona (1.3 g) el día 0; el DIV se retiró el día 8 y se aplicaron 25 mg de prostaglandina F2-alfa, 1 mg de cipionato de estradiol y 300 UI de eCG; 48-52 horas después se realizó la IATF. El Tratamiento 2 (n = 50) consistió en el mismo protocolo, sin incluir eCG. Se resincronizó la ovulación en las vacas que resultaron vacías en el diagnóstico de gestación, realizado 30 días después de la primera IATF. En todas las vacas se usó el mismo protocolo aplicado en el Tratamiento 1 para la primera IATF. La segunda IATF se realizó a los 40 días de haber iniciado el programa. Se clasificó la CC en baja (< 2.5), moderada (2.5 a 3.5) y alta (> 3.5). El día de la IATF, el diámetro del folículo preovulatorio (DFP) se dividió en tres categorías (DFP1: < 11 mm; DFP2: 11 a 14 mm; DFP3: > 14 mm).

**Resultados:** el porcentaje de gestación resultó diferente entre tratamientos (p = 0.04; 73 %

Tratamiento 1 y 53 % Tratamiento 2). La proporción de vacas en estro antes de la IATF fue de 75 % en el grupo con eCG y 57 % en el testigo ( $p = 0.04$ ). Las vacas con DFP2 y DFP3 registraron mayor tasa de gestación ( $p = 0.03$ ), que DFP1. El porcentaje de gestación fue mayor ( $p = 0.04$ ) en vacas con CC moderada y alta. La gestación general en la primera IATF fue de 63 %. El 51.61 % resultó gestante con la segunda IATF, acumulando 82.1 % en 40 días.

**Conclusión:** la eCG incrementó la proporción de vacas en estro y la gestación; y la resincronización permite acumular un porcentaje adicional de vacas gestantes.

## Abstract

**Introduction:** the objectives were to evaluate estrus and gestation in *Bos taurus* cows, treated with a fixed-time artificial insemination protocol (FTAI) that included or not equine chorionic gonadotropin (eCG). Cumulative gestation with resynchronization at 30 days after the first FTAI was also evaluated.

**Method:** the cows were divided into: Treatment 1 ( $n = 60$ ), synchronized with 2 mg of estradiol benzoate and an intravaginal device (IVD) of progesterone (1.3 g) on day 0; IVD was removed on day 8 and 25 mg of prostaglandin F2-alpha, 1 mg of estradiol cypionate and 300 IU of eCG were injected; 48-52 hours later the FTAI was performed. Treatment 2 ( $n = 50$ ) consisted in the same protocol, not including eCG. Ovulation was resynchronized in cows that were no pregnant in the pregnancy diagnosis, performed 30 days after the first FTAI. The same protocol applied in Treatment 1 for the first FTAI was used in all animals. The second FTAI was performed 40 days after starting the program. Body condition score (BCS) was classified as low ( $< 2.5$ ), moderate (2.5 to 3.5) and high ( $> 3.5$ ). On the day of the FTAI, the preovulatory follicle diameter (DFP) was classified into three categories (DFP1:  $< 11$  mm; DFP2: 11 to 14 mm; DFP3:  $> 14$  mm).

**Results:** the gestation percentage was different between treatments ( $p = 0.04$ ; 73 % Group 1 and 53 % Group 2). The proportion of cows in estrus before the FTAI was 75 % in the eCG treatment and 57 % in the control ( $p = 0.04$ ). Cows with DFP2 and DFP3 registered a higher gestation rate ( $p = 0.03$ ) than DFP1. The percentage of pregnancies was higher ( $p = 0.04$ ) in cows with moderate and high BCS. Overall gestation in the first FTAI was 63 %. The gestation percentage with the second FTAI was 51.61 %, accumulating 82.1 % in 40 days.

**Conclusion:** eCG increased the proportion of cows in estrus and gestation; and resynchronization allows the accumulation of an additional percentage of pregnant cows.

## **Introducción**

El manejo reproductivo es un componente crítico de los sistemas vaca-becerro, y contribuye directamente a la cantidad de ganado disponible para la venta y a la disponibilidad de hembras para reemplazo. Con el continuo aumento de la demanda mundial de carne de res, se justifican las estrategias para maximizar la eficiencia reproductiva de las hembras, para garantizar la rentabilidad de los sistemas de producción y abordar la demanda global de proteína animal (Rodrigues *et al.*, 2018). Una estrategia es la adopción de protocolos para el control del ciclo estral que hagan posible la inseminación artificial (IA; Patterson *et al.*, 2016).

La IA tiene muchas ventajas en comparación con la monta natural, pero sobre todo permite el uso de toros de calidad genética superior, aumenta la uniformidad de los becerros y acelera la ganancia genética; todo eso da como resultado terneros más productivos y rentables (Baruselli *et al.*, 2017). Sin embargo, la implementación de programas de IA basados en la detección del estro en ganado de carne se ve obstaculizada por el anestro posparto, la ineficiencia y las dificultades en la detección del estro. Por esas razones, con el fin de evitar los problemas asociados y permitir el uso intensivo de los programas de IA en los hatos de carne, se han ideado estrategias que permiten la IA en un momento predeterminado (Inseminación Artificial a Tiempo Fijo; IATF). La IATF elimina la necesidad de detectar estros y permite la inseminación de vacas de carne independientemente del estado ciclo al inicio de un protocolo (Richardson *et al.*, 2016).

Los protocolos preferidos en Latinoamérica para la IATF en vacas para carne están basados en estradiol y progesterona, debido a que elevan la posibilidad de gestar hembras en anestro posparto al inicio de la temporada de cría, cuando en algunas ocasiones, no más del 30 % de las vacas se encuentran ciclando. Esos protocolos inician con la inyección de benzoato de estradiol (BE). El BE causa la supresión de la FSH y atresia de los folículos FSH-dependientes en el 90 % de vacas y vaquillas; cuando el estradiol se metaboliza, la FSH aumenta y emerge una nueva onda folicular 3 a 5 d después (Mapletoft *et al.*, 2018).

Los protocolos basados en estradiol y progesterona para la IATF en bovinos de carne en general presentan buenos resultados, con tasas de gestación promedio de 50 %, aproximadamente. Sin embargo, algunas circunstancias fisiológicas como el anestro posparto, fallas nutricionales, la baja CC y en vacas de primer parto, los resultados han sido inconsistentes y, por lo general, con bajos porcentajes de fertilidad. En tales situaciones, una alternativa propuesta como complemento en los protocolos hormonales para la IATF es usar la gonadotropina coriónica equina (eCG; Campos *et al.*,

2013). Para probar lo anterior, se inyectó eCG el día del retiro del DIV en un protocolo para IATF basado en estradiol y progesterona: vacas Angus x Hereford y Brangus x Braford con cría al pie se trataron con 0, 300 o 400 UI. Las vacas sin un cuerpo lúteo al inicio del protocolo de sincronización registraron mayores tasas de gestación cuando se inyectaron con cualquiera de las dosis de eCG, comparadas con las vaca testigo; en las vacas ciclando (cuerpo lúteo presente), la gestación fue similar en los tres tratamientos (Pessoa *et al.*, 2016).

El manejo comúnmente adoptado para gestar las vacas vacías después de la primera IA es la introducción de toros de repaso el resto de la temporada de apareamientos. Sin embargo, las alternativas modernas, conocidas como *programas de resincronización* son una herramienta potencial para mejorar la eficiencia reproductiva. La resincronización del estro y la ovulación es una tecnología usada para realizar una segunda IATF en un período corto, de una hembra previamente inseminada. El objetivo de la técnica es aumentar el número de terneros nacidos de IA, reducir el número de toros requeridos y aumentar la eficiencia reproductiva y productiva del hato (Sá Filho *et al.*, 2014). El programa tradicional de resincronización se basa en el diagnóstico de gestación a los 28 a 32 días después de IATF (Galvañ *et al.*, 2007); las vacas diagnosticadas como no gestantes inician inmediatamente un segundo protocolo para IATF.

El objetivo general del presente estudio fue evaluar la respuesta estral y la gestación de vacas *Bos taurus* de carne, tratadas con protocolos hormonales para la sincronización de la ovulación con y sin eCG. Los objetivos particulares, sin considerar el efecto de los tratamientos, fueron relacionar el diámetro del folículo preovulatorio y la CC con el estro y la gestación; así como evaluar las tasas de gestación acumuladas con un programa de resincronización de la ovulación a los 30 días después de la primera IATF.

## **Método**

El estudio se realizó en un rancho ubicado en el municipio de Comondú, Baja California Sur, en las coordenadas 24° 57' 45.9" N y 111° 35' 13.6" O. El clima característico de Comondú es generalmente desértico y seco. La zona central del municipio tiene temperatura promedio anual superior a 22 °C. La precipitación promedio anual inferior es 100 mm. La vegetación predominante es de dos tipos, matorral crasicaule y selva baja caducifolia.

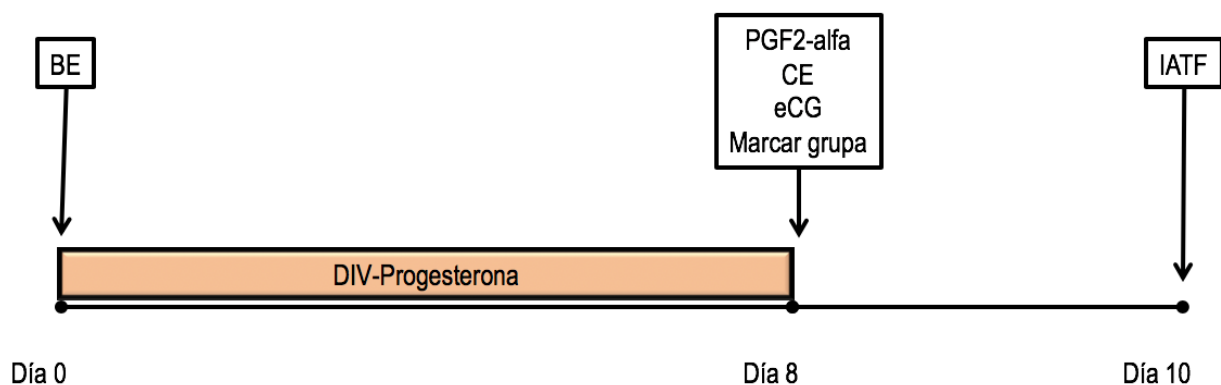
La alimentación del ganado se basó en pastoreo sobre agostadero y, ocasionalmente, en esquilmos agrícolas de maíz o garbanzo con suplementación de concentrado proteico en algunas

temporadas del año y complemento de minerales en forma permanente.

Se utilizaron 110 vacas de cruza indefinidas entre razas *Bos taurus* para carne, de 2 a 4 partos,  $420 \pm 50$  kg de peso y con  $75 \pm 35$  días posparto. Las vacas se separaron en ocho corrales y se les proporcionó alimento durante un mes para cubrir sus requerimientos nutricionales. La dieta con 9 % de proteína cruda cubrió los requerimientos de materia seca, proteína y energía metabolizable.

El día que iniciaron los tratamientos hormonales, a todas las vacas se les evaluó su condición corporal (CC) en escala de 1 a 5 propuesta para bovinos de carne (Ayres *et al.*, 2009). Se establecieron tres categorías de CC: Baja ( $\leq 2.5$ ), Moderada ( $> 2.5$  a  $3.5$ ) y Alta ( $> 3.5$ ). Las vacas se distribuyeron al azar en dos tratamientos homogenizando los grupos de acuerdo con su CC.

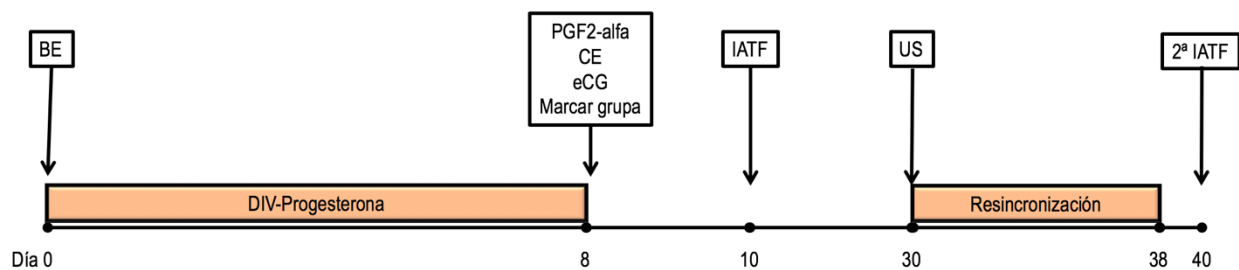
La sincronización de la ovulación en las vacas del Tratamiento 1 ( $n = 60$ ) consistió en suministrar vía intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (BE) y al mismo tiempo, la inserción de un dispositivo vaginal (DIV) con 1.3 g de progesterona (día 0). El DIV se mantuvo durante ocho días y al ser retirado se aplicaron 25 mg de PGF $2\alpha$ , 1 mg de cipionato de estradiol (CE) y 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG); 48 a 52 horas después de retirar el DIV se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). En las vacas del Tratamiento 2 ( $n = 50$ ) se sincronizó la ovulación mediante un protocolo similar al del Tratamiento 1, pero sin incluir la eCG cuando se retiró el DIV (fig. 1).



**Fig. 1.** Protocolo de sincronización de la ovulación para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).  
**Fig. 1.** Ovulation synchronization protocol for fixed-time artificial insemination (FTAI).

En ambos tratamientos hormonales, a todas las vacas se les pintó la base de la cola con crayón el día del retiro del DIV; para identificarlas con pintura alterada o borrada como indicador de que se montaron antes de la IATF. Previo a la IATF se midió el diámetro del folículo preovulatorio mediante ultrasonido (SIUI-CTS 800) con una sonda lineal rectal de 7 MHz. Se establecieron tres categorías de diámetro del folículo preovulatorio: DFP1 (FP <11 mm), DFP2 (FP 11 a 14 mm) y DFP3 (FP > 14 mm). Después de la IATF, las vacas de ambos tratamientos se mantuvieron en los corrales. El diagnóstico de gestación se hizo por ultrasonido (SIUI-CTS 800) 30 días después de la IATF.

Las vacas diagnosticadas como gestantes, a los 30 días se separaron del hato general en un potrero. Las vacas que resultaron vacías de ambos grupos, se asignaron a un programa de resincronización del estro y ovulación (Resynch- 30) para una segunda IATF 40 días después de la primera (fig. 2). Para la resincronización se formó un solo grupo de animales que fueron tratados como se describe en la fig. 1. El diagnóstico de gestación en ese grupo de vacas se realizó 30 días después de la segunda IATF, usando las técnicas descritas anteriormente.



**Fig. 2.** Protocolo de sincronización y resincronización de la ovulación para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), con base en el diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía (US).

**Fig. 2.** Ovulation synchronization and resynchronization protocol for fixed-time artificial insemination (FTAI), based on the pregnancy diagnosis by ultrasonography (US).

La proporción de vacas en estro y los porcentajes de gestación entre tratamientos se compararon mediante una prueba de Chi cuadrada. De la misma manera se analizaron los efectos de DFP y de la CC sobre frecuencia de estros y gestación, pero sin incluir el efecto de la eCG (SAS, 2004). Las tasas de gestación acumuladas con la resincronización, a partir del día 30 posterior a la primera IATF, se sometieron a un análisis estadístico descriptivo.

## **Resultados**

### **Estro y preñez**

En la tabla 1 se aprecia que el porcentaje de vacas que mostró estro antes de la IATF, así como la proporción de preñeces, fueron mayores en los animales inyectados con eCG que en las vacas del grupo testigo ( $p = 0.04$ ).

**Tabla 1.** Porcentajes de estro y gestación en vacas *Bos taurus* de carne tratadas, con y sin 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) para inseminación artificial a tiempo fijo.

**Table 1.** Estrus and pregnancy percentages in *Bos taurus* beef cows, treated with and without 300 IU of equine chorionic gonadotropin (eCG) for fixed-time artificial insemination.

Variable	con eCG	sin eCG	Probabilidad
Estro (%)	75	57	0.04
Preñez 30 días después de la IATF (%)	73	53	0.04

### **Diámetro del folículo dominante**

En la tabla 2 se muestra que, cuando se relacionó el diámetro folicular el día de la IATF con la manifestación de estro y gestación, independientemente del tratamiento, se observaron tasas de estro similares ( $p = 0.07$ ) entre categorías de DFP; sin embargo, las tasas de gestación fueron mayores ( $p = 0.03$ ).

**Tabla 2.** Porcentajes de estro y gestación en vacas *Bos taurus* de carne con diferente diámetro folicular al momento de la inseminación artificial a tiempo fijo.

**Table 2.** Percentages of estrus and pregnancy in *Bos taurus* beef cows with different follicular diameter at the fixed-time artificial insemination.

Variable	Diámetro del folículo dominante (mm)		
	< 11	11-14	> 14
Estro (%)	81 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>	85 <sup>a</sup>
Preñez (%)	54 <sup>a</sup>	65 <sup>b</sup>	66 <sup>b</sup>

Literales diferentes en las hileras indican desigualdad ( $P = 0.03$ ).

Different literals in the rows indicate inequality ( $P = 0.03$ ).

### **Condición corporal**

En la tabla 3 se muestra la relación de la CC de las vacas y la presencia de estro. La frecuencia de estros en este estudio no se afectó ( $p = 0.08$ ) por la CC. Sin embargo, la tasa de gestación fue diferente ( $p = 0.04$ ) en las vacas con una CC < 2.5 con respecto a las otras categorías.

**Tabla 3.** Porcentajes de estro y gestación en vacas *Bos taurus* de carne con diferente condición corporal al inicio de un protocolo de sincronización de la ovulación para inseminación artificial a tiempo fijo.

**Table 3.** Percentages of estrus and pregnancy in *Bos taurus* beef cows with different body condition score at beginning of a fixed-time artificial insemination protocol.

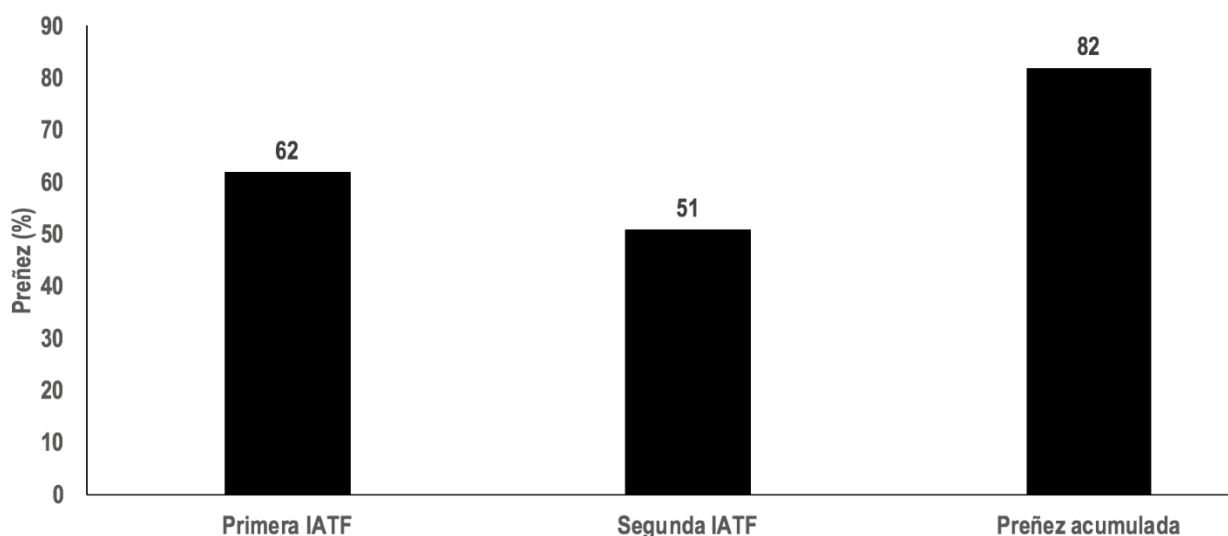
Variable	Condición corporal		
	< 2.5	2.5-3.5	> 3.5
Estro (%)	54 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>
Gestación (%)	91 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	92 <sup>b</sup>

Literales diferentes en las hileras indican desigualdad (P = 0.04).

Different literals in the rows indicate inequality (P = 0.04).

### Resincronización de la ovulación

En la fig. 3 se muestran los porcentajes de gestación según el momento de inseminación, en la primera o segunda IATF, después de la resincronización.



**Fig. 3.** Porcentajes de gestación en vacas *Bos taurus* para carne sometidas a protocolos de sincronización y resincronización de la ovulación a un intervalo de 30 días, para realizar dos inseminaciones a tiempo fijo en un lapso de 40 días.

**Fig. 3.** Pregnancy percentages in *Bos taurus* beef cows subjected to ovulation synchronization and resynchronization protocols at 30 days interval, to perform two fixed-time artificial inseminations in a 40 days period.

### Discusión y conclusiones

#### Estro y preñez

Las tasas de preñez observadas en las vacas que recibieron eCG en el presente estudio (73 %) son superiores a los valores promedio reportados por otros autores en vacas *Bos indicus* (48 %), cuando



además de las 400 UI de eCG, los protocolos para IATF basados en estradiol / progesterona se complementaron con el destete temporal de 48 horas (Souza *et al.*, 2016). Las discrepancias podrían estar relacionadas con tres aspectos principalmente, en el estudio citado se usaron vacas *Bos indicus*, de primer parto y con un intervalo posparto entre 44 y 84 días; en el presente estudio, las vacas fueron *Bos taurus*, de dos a cuatro partos y con 40 a 105 días de paridas; además, se alimentaron en corral los 30 días previos al inicio del estudio, en cambio en el reporte de Souza *et al.* (2016) los animales se mantuvieron en pastoreo. Las tasas de gestación de 57 % y 50 % se reportaron por Núñez-Olivera *et al.* (2018) en vacas Hereford en anestro posparto tratadas o no con 400 UI de eCG, respectivamente.

Estos resultados pueden explicarse si se considera que la eCG es una glicoproteína que tiene actividad de la FSH o la LH en la vaca, según las poblaciones de receptores en el ovario y varios estudios han demostrado sus efectos benéficos en programas de IATF en ganado bovino de carne (Mapletoft *et al.*, 2019). Núñez-Olivera *et al.* (2014) demostraron que el tratamiento con eCG al retirar el dispositivo aumenta el diámetro del folículo ovulatorio, la tasa de ovulación, el área de cuerpo lúteo y las concentraciones séricas de progesterona después de la ovulación, particularmente en vacas para carne *Bos taurus* anéstricas; ese aumento temprano en la secreción de progesterona puede mejorar el ambiente uterino para estimular el desarrollo embrionario y la producción de IFN-tau, lo que a su vez, mejoraría el reconocimiento materno de la gestación (Spencer *et al.*, 2016). Otros estudios también mostraron que un aumento en las concentraciones circulantes de progesterona durante la primera semana después de la ovulación estimula efectivamente el crecimiento embrionario y la secreción de interferón tau (IFN-tau), favoreciendo el mantenimiento de la gestación (O'Hara *et al.*, 2016).

Cutaia *et al.* (2003), concluyeron que la aplicación de 400 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo de progesterona, no aumenta los porcentajes de gestación en vacas con cría y que tienen buena CC. Estos autores, sugieren que los animales deben de tener CC mínima de 2.5 (escala de 1 a 5) o idealmente 3 para obtener buenos resultados de gestación cuando se utiliza un protocolo de IATF sin la inclusión de eCG.

La expresión del estro cerca de la IA se asocia con una función ovárica mejorada, lo que resulta en una mayor fertilidad, desarrollo embrionario y establecimiento de la gestación en el ganado (Pereira *et al.*, 2016). Richardson *et al.* (2016) realizaron un metanálisis utilizando datos de 10116 hembras de carne en 22 estudios que aplicaron cinco de los protocolos de IATF más

comunes para examinar el efecto del estro sobre la gestación; se usó un modelo de efectos aleatorios el cual indicó un efecto positivo del estro sobre las tasas de concepción en vacas detectadas en estro antes de la IATF, con una tasa de concepción 27 % mayor en comparación con aquellas no detectadas en estro. De manera similar, Ferraz *et al.* (2017) reportaron tasas de gestación superiores al 60 % en vacas *Bos taurus indicus* cuando mostraron un estro intenso y menos de 40 % cuando la intensidad del estro fue baja o nula. Sá Filho *et al.* (2010) observaron que las vacas que mostraron estro al final de un tratamiento hormonal basado en estradiol / progesterona tuvieron 3.3 veces más posibilidades de gestarse que las que no lo expresaron. Investigaciones recientes demostraron que la intensidad de la expresión del estro se asoció positivamente con la viabilidad de embrión en vacas de carne (Pohler *et al.*, 2016). Además, la expresión del estro próximo a la IA se ha asociado con mejor ambiente uterino para el desarrollo embrionario (Davoodi *et al.*, 2016). Larimore *et al.* (2015) informaron que las vaquillas que exhibían estro producían embriones que estaban más avanzadas en su desarrollo el día 6 de gestación y tenían una mejor calidad en comparación con los embriones recuperados de vaquillas que no exhibían estro. Otro experimento evaluó los impactos de la expresión e intensidad del estro durante un protocolo de IATF en vacas Nelore × Angus lactantes; el diámetro del folículo dominante el día de la IATF, el volumen del cuerpo lúteo 7 días después, las concentraciones plasmáticas de progesterona el día 7 después de la IATF y los porcentajes de gestación fueron mayores en las vacas que mostraron un estro más intenso que en las que lo expresaron menos intenso o no lo mostraron (Rodrigues *et al.*, 2018).

### **Diámetro del folículo dominante**

El tamaño del folículo ovulatorio es de suma importancia porque afecta la tasa de ovulación, el volumen del cuerpo lúteo, las concentraciones de progesterona y la tasa de gestación (Dorneles *et al.*, 2013). Se ha informado que se obtiene una capacidad ovulatoria completa cuando el folículo dominante alcanza un diámetro de 10 mm en *Bos indicus* y 12 mm en el ganado *Bos taurus* (Gimenes *et al.*, 2008). La tasa de ovulación en vacas *Bos indicus* fue de 42.5, 73.9, 95.8 y 97.8 % cuando los folículos dominantes al momento de la IATF midieron < 7.5, 7.5-11, 11.1-14.4 y > 14.4 mm, respectivamente (Sá Filho *et al.*, 2010). En otro experimento con vacas *Bos taurus indicus*, los porcentajes de vacas que ovularon en un protocolo para IATF fueron de 61, 100, 100 y 92 % cuando los folículos dominantes midieron ≤ 10, 10.1-12.9, 13-14.9 y ≥ 15 mm con tasas de gestación de 43, 70, 61 y 70 %, respectivamente (Pfeifer *et al.*, 2015). Se ha demostrado que la

ovulación de un folículo pequeño produce un cuerpo lúteo de volumen reducido, con baja producción de progesterona y en consecuencia una disminución de las tasas de gestación (Vasconcelos *et al.*, 2001). La ventaja de un cuerpo lúteo de mayor volumen sobre las tasas de gestación ha sido constatada en vacas negras japonesas (Funakura *et al.*, 2018). Estos autores observaron también que la tasa de concepción en un programa de IATF fue mayor cuando el folículo preovulatorio tuvo un diámetro de 13 mm o más, que cuando fue de 12 mm o inferior. En otro estudio (de Oliveira *et al.*, 2016) se correlacionó el diámetro del folículo ovárico preovulatorio en el momento de la IATF en vacas *Bos taurus indicus* multíparas con la tasa de concepción. Las vacas se sometieron a un protocolo de sincronización basado en estradiol / progesterona; el diámetro folicular promedio en las vacas gestantes a los 35 días fue de 15.1 mm y de 13.7 mm en las no gestantes, con una tasa de gestación de 62.7 %. Cuando en ese trabajo se clasificó en diámetro folicular en estructuras  $\leq 11.0$  mm y  $\geq 11.1$  mm, se tuvieron tasas de concepción de 36.8 % y 72.0 %, respectivamente. Sá Filho *et al.* (2010) reportan tasas de gestación de 27.5, 46.6, 57.9 y 63.3 % en vacas *Bos indicus* con folículos dominantes  $< 7.5$ , 7.5-11, 11.1-14.4 y  $> 14.4$  mm al momento de la IATF, respectivamente; las posibilidades de gestación aumentaron 2.47, 3.94 y 4.9 veces en la segunda, tercera y cuarta categoría, respectivamente, con respecto a la primera.

La expresión del gen del receptor de la LH en las células de la granulosa es un factor importante que contribuye en la gestación, ya que cuanto mayor es la cantidad de receptores, mayor es la respuesta a la gonadotropina para un crecimiento y maduración folicular final (Dias *et al.*, 2009). La mayor expresión de receptores en las vacas se produce cuando el folículo alcanza un diámetro de aproximadamente 7.0 mm, aumentando ese número a medida que aumenta el diámetro folicular (Simões *et al.*, 2012).

### **Condición corporal**

A diferencia de estos resultados, Richardson *et al.* (2016) en un metanálisis de 547 vacas sincronizadas con un protocolo basado en DIV de progesterona para la IATF mencionaron que la CC influyó en la expresión del estro. En la tabla 3 también se observa que la tasa de gestación fue mayor ( $p < 0.05$ ) en vacas que al inicio del tratamiento para IATF mostraron una condición corporal moderada o alta (64 y 67 % respectivamente), que en las vacas con condición corporal baja (54 %). Baruselli *et al.* (2016) reportaron porcentajes de gestación de 39 y 69 % en vacas para carne con una CC baja y moderada, respectivamente al momento de la IATF. Se observaron resultados

similares para vacas cebú (Ayres *et al.*, 2014). La probabilidad de que ocurriera la gestación resultó 1.18 veces mayor en vacas *Bos indicus* con una CC de 3.1 a 3.5, comparadas con vacas en una CC de 2.5 a 3 (Herrera *et al.*, 2018). Similar a lo que ocurrió en el presente estudio, Nishimura *et al.* (2018) trabajando con vacas multíparas *Bos indicus* y *Bos indicus* cruzadas, observaron que la tasa de gestación fue mayor en animales con una CC moderada (49.1 %) o alta (57.8%) que en las vacas con una CC pobre (41.5 %).

Resultados presentados por Ruiz *et al.* (2010) en vacas Brahman mostraron correlaciones significativas entre la CC y las poblaciones de folículos ováricos, lo que indica que a medida que una vaca recupera CC ocurre el crecimiento de folículos de diferentes tamaños, seguida por estro y ovulación. Lo anterior es consistente con los señalamientos de Pfeifer *et al.* (2017) quienes reportaron que las vacas con una mayor CC tuvieron folículos dominantes que las de CC pobre al momento de la IATF.

La mala nutrición y la baja CC son factores importantes que reducen la fertilidad en vacas (Nishimura *et al.*, 2018). Los resultados del presente estudio indicaron que las vacas con  $CC > 2.5$  (en una escala de 1 a 5) tuvieron mayores tasas de gestación que las vacas con  $CC < 2.5$ . Este resultado es consistente con la relación positiva entre CC y las tasas de gestación descritas en el ganado de carne (Pfeifer *et al.*, 2017) quienes reportan porcentajes de gestación más bajas en vacas primíparas con una  $CC < 2.75$  que en aquellas con una mayor CC durante un protocolo para IATF.

### **Resincronización de la ovulación**

El porcentaje de gestación en la primera IATF resultó superior a valores reportados en otros estudios que reportan gestaciones de 52 % (Faleiro *et al.*, 2019), 50 % (Pereira *et al.*, 2018) y 38.6 % (Torres-Júnior *et al.*, 2014). Otros autores coinciden con nuestros resultados en que hay una disminución en la tasa de gestación después de la segunda IATF en relación con la gestación en la primera (de Oliveira *et al.*, 2015). Las diferencias en los estudios señalados podrían atribuirse a varios factores como las diferentes fuentes de progesterona utilizadas en el protocolo de sincronización, manejo nutricional, CC de las vacas y control de enfermedades reproductivas (Faleiro *et al.*, 2019).

Este procedimiento de resincronización es flexible y solo se tratan las vacas vacías. Puede iniciar a los 30 días o después de la primera IATF. Sin embargo, si el momento de iniciar la resincronización se prolonga más allá de los 30 días, el intervalo entre las inseminaciones excede

los 38 días, lo que puede considerarse excesivo en comparación con la exposición a toros de repaso, donde teóricamente el apareamiento de las vacas no gestantes se produce alrededor de 21 días después de la IATF. Aunque el apareamiento natural reduce el intervalo entre dos servicios consecutivos, la tasa de servicio depende de que las vacas no gestantes regresen al estro alrededor de los 21 días después de la primera IATF (alrededor del 50 %; Sá Filho *et al.*, 2013). La ventaja de los programas de resincronización radica en la reducción del intervalo entre las inseminaciones, lo que facilita la compactación de la temporada de empadres, con el beneficio de garantizar una tasa de servicios del 100 %.

Para optimizar la compactación de la temporada de empadres, los protocolos de resincronización más eficientes comienzan antes del momento habitual del diagnóstico de gestación; esto significa que todas las vacas deben de ser tratadas.

En un estudio (de Oliveira *et al.*, 2015) evaluaron las tasas de gestación en un programa de resincronización de ganado Nelore, los animales se sincronizaron utilizando un protocolo convencional de IATF basado en estradiol / progesterona; 30 días después, las hembras que no se gestaron en la primera IATF fueron resincronizadas con el mismo protocolo hormonal. De manera similar a lo observado en el presente estudio, de Oliveira *et al.* (2015) y de Oliveira *et al.* (2019) subrayaron que la tasa de concepción promedio acumulada fue del 80.5 % y 81.6 %, respectivamente; sin embargo, ellos reportan un porcentaje promedio de gestación de 54 % y 56 % en la primera IATF, ligeramente inferior al observado en este estudio. En otros experimentos (Sá Filho *et al.*, 2014; Faleiro *et al.*, 2019) lograron tasas de gestación acumuladas del 75 %, ligeramente inferiores a los datos descritos en el presente estudio. Del mismo modo, Campos *et al.* (2013) informaron tasas de gestación del 76.6 % y 74 % luego de la resincronización de vacas lactantes tratadas con 300 UI de eCG o con destete temporal de becerros, respectivamente. Tasas de gestación acumuladas de 75 % con dos IATF han sido reportadas también en ganado *Bos indicus* cuando la resincronización se realizó a partir del día 14 después de la primera inseminación, el diagnóstico de gestación a los 20 días mediante ecografía Doppler de color y la segunda IATF a los 22 días (Pugliesi *et al.*, 2019).

El protocolo de Resynch-22 (RE22) comienza 22 días después de la IA previa, 8 días antes del diagnóstico de gestación por ultrasonido (Sá Filho *et al.*, 2014). Al momento del diagnóstico de gestación, las vacas diagnosticadas como preñadas gestantes se excluyen de las inyecciones hormonales que se aplican al retirar el DIV, mientras que las vacas no gestantes continúan con el

protocolo de resincronización. El uso de RE22 reduce el intervalo entre inseminaciones a 32 d; sin embargo, el primer tratamiento (inserción del dispositivo de progesterona y la administración de estradiol) debe llevarse a cabo en todas las vacas y el diagnóstico de la gestación debe realizarse en un momento fijo.

La eficiencia reproductiva de los diferentes tratamientos asociados con los programas de IATF y de resincronización se evaluó en vacas para carne durante el periodo posparto (Rubin *et al.*, 2015). En un primer estudio, las vacas se sometieron a: 1) Monta natural (NS); 2) IATF + NS; 3) IATF + Resynch-30 + NS; 4) IATF + Resynch-22 + NS durante una temporada de empadres de 90 días. Dentro de los 30 días del inicio de la temporada de empadres, solo el 3 % de las vacas sometidas a NS estaban gestantes en comparación con el 40 % en los otros grupos. A los 60 días de la temporada, la tasa de gestación fue más alta en las vacas que se resincronizaron y recibieron la segunda IATF (IATF + Resynch-30 + NS = 69.4 % y IATF + Resynch22 + NS = 66.3 %) en comparación con las vacas sometidas a los otros tratamientos (IATF + NS = 48.0 % y NS = 16.9 %). Al final de la época de empadres, la tasa de gestación fue mayor en las vacas sometidas a IATF + Resynch-30 + NS (83.7 %) y IATF + Resynch-22 + NS (81.5 %) que en las sometidas a IATF + NS (71.0 %) o NS (45.1 %).

Se concluye que la inclusión de la eCG, en los protocolos de sincronización de la ovulación para IATF incrementa la proporción de vacas que muestran estró antes de la IATF y aumentan las tasas de gestación. Las tasas de gestación se asocian con la manifestación de estró y con el tamaño del folículo preovulatorio, así como con la CC de las vacas al inicio del programa de sincronización para IATF. Además, un programa de resincronización a los 30 días permite acumular un porcentaje adicional de vacas gestantes en un lapso de 40 días.

## **Referencias**

- Ayres, H., Machado, R., Ribamar, J., Garcia, C., Gonçalves, C., & Baruselli, P.S. (2009). Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Science*, 123, 175-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.11.004>
- Ayres, H., Ferreira, R.M., Torres-Júnior, J.R., Demétrio, C.G, Sá Filho, M.F., Gimenes, LU., Penteado, L., D'Occhio, M.J., & Basurrelli, P.S. (2014). Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination

- followed by natural mating. *Theriogenology*, 82, 529-536. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.04.026>
- Baruselli, P.S., Ferreira, R.M, Colli, M.H.A., & Elliff, F.M. (2017). Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. *Animal Reproduction*, 14, 558-571. DOI: 10.21451/1984-3143-AR999
- Baruselli, P.S., Sá Filho M.F., Ambrósio, A.A., & Ferreira, R.M. (2016). Strategies to improve fertility in cattle: artificial insemination following estrus versus timed artificial insemination. *Spermova*, 6, 36-42. DOI: [10.18548/aspe/0003.06](https://doi.org/10.18548/aspe/0003.06)
- Bó, G.A., Hugeline, E, Ferreira, R.M., Sá Filho, M.F., & Baruselli, P.S. (2019). Inducción de ciclicidad para servicio natural o inseminación artificial en vacas de carne. *Memorias del V Simposio Internacional Avances en Reproducción Bovina*.
- Campos, J.T., Marinho, L.S.R., Lunardelli, P.A., Morotti, F., & Seneda, M.M. (2013). Resynchronization of estrous cycle with eCG and temporary calf removal in lactating Bos indicus cows. *Theriogenology*, 80, 619-623. DOI:10.1016/j.theriogenology.2013.05.029
- Cutaia, L., Veneranda, G., Tríbulo., Baruselli, P.S., & Bó, GA. (2003). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: Factores que lo afectan y resultados productivos. *Memorias del V Simposio Internacional de Reproducción Animal, IRAC*, 119-129.
- Davoodi, S., Cooke, R.F., Fernandes, A.C.C., Cappellozza, B.I., Vasconcelos, J.L.M., & Cerri, R.L.A. (2016). Expression of estrus modifies the gene expression profile in reproductive tissues on day 19 of gestation in beef cows. *Theriogenology*, 85, 645-655. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.002)
- de Oliveira, M.M., Morotti, F., Bizarro da Silva, C., Ribeiro Jr, M., Pinto da Silva, R.C., Baruselli, P.S., & Seneda, M.M. (2015). Influence of category-heifers, primiparous and multiparous lactating cows-in a large-scale resynchronization fixed-time artificial insemination program. *Journal of Veterinary Science*, 16, 367-371. DOI: <http://dx.doi.org/10.4142/jvs.2015.16.3.367>
- de Oliveira, D.A.M., Ernandes, K.L., Talini, R., Pedrosa, V.B., Gassenferth, G., & Weiss, R.R. (2016). Correlação entre o diâmetro do folículo pré-ovulatório e a eficiência reprodutiva em vacas Bos taurus indicus submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. *Archives of Veterinary Science*, 21, 61-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v21i3.48456>

- de Oliveira, D.A.M., Kozicki, L.E., Gaievski, F.R., Pedrosa, V.B., Weiss, R.R., Segui, M.S., & Bergstein-Galan, T.G. (2019). Resynchronization of ovulation with new and reused intravaginal progesterone-releasing devices without previous pregnancy diagnosis in *Bos taurus indicus* cows subjected to timed-artificial insemination. *Reproduction Domestic Animals*, 54, 779-785. DOI: <https://doi.org/10.1111/rda.13427>
- Dias, C.C., Wechsler, F.S., Day, M.L., & Vasconcelos, J.L. (2009). Progesterone concentrations, exogenous equine chorionic gonadotropin, and timing of prostaglandin F2-alpha treatment affect fertility in postpuberal Nelore heifers. *Theriogenology*, 72, 378-385. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.03.006
- Dorneles, T.R., Ferreira, R., Dos Santos, J.T., Silveira de Andrade, N.O., Barreta, M.H., Oliveira, J.F, Gonçalves, P.B., & Pereira, N.J. (2013). The effect of equine chorionic gonadotropin on follicular size, luteal volume, circulating progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrous beef cows treated with a novel fixed-time artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 79, 1204-1209. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.02.019
- Faleiro, N.S., Neves, K.A.L., Pereira, L.L., Silva, C.M.G.D., Vale, W.G., & Minervino, A.H.H. (2019). Effect of estrous resynchronization on the reproductive efficiency of zebu cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 54, 1050-1053. DOI: [10.1111/rda.13468](https://doi.org/10.1111/rda.13468)
- Ferraz, P.A., Galvão, M.V.L., Soares, A.R., Coelho, M.C.L., dos Santos, T.C.B., & Ribeiro, A.L.F. (2017). The effect of the intensity of estrus expression on the follicular diameter and fertility of Nelore cows managed under a FTAI program. *Ciencia Animal Brasileira*, 18, 1-9.
- Funakura, H., Shiki, A., Tsubakishita, Y., Mido, S., Katamoto, H., Kitahara, G., & Osawa, T. (2018) Validation of a novel timed artificial insemination protocol in beef cows with a functional corpus luteum detected by ultrasonography. *Journal of Reproduction and Development*, 64, 109-115. DOI: [10.1262/jrd.2017-135](https://doi.org/10.1262/jrd.2017-135)
- Galvão, K.N., Santos, J.E., Cerri, R.L, Chebel, R.C., Rutigliano, H.M, Bruno, R.G., & Bicalho, R.C. (2007). Evaluation of methods of resynchronization for insemination in cows of unknown pregnancy status. *Journal of Dairy Science*, 90, 4240-4252. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0094>
- Gimenes, L.U., Sá Filho, M.F., Carvalho, N.A.T., Torres Jr, J.R.S., Souza, A.H., Madureira, E.H., Trinca, L.A., Sartorelli, E.S., Barros, C.M., Carvalho, J.B.P., Mapletoft, R.J., & Baruselli.



- P.S. (2008). Follicle deviation and ovulatory capacity in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*, *69*, 852-858. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2008.01.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.01.001)
- Herrera, R., Pugliesi, G., Nogueira, F.L.N., Constantino, C.R., Ataíde Jr, G.A., Ferreira, A.J.M., Posar, I.O., Alvarenga, C.O., & Humblot, P. (2018). Reproductive performance of *Bos indicus* beef cows treated with different doses of equine chorionic gonadotropin at the end of a progesterone-estrogen based protocol for fixed-time artificial insemination. *Theriogenology*, *118*, 150-156. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2018.06.003](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.06.003)
- Larimore, E.L., Amundson, O.L., Bird, S.L., Funnell, B.J., Kruse, S.G., Bridges, G.A., & Perry, G.A. (2015). Influence of estrus at fixed-time artificial insemination on early embryonic development in beef cattle. *Journal of Animal Science*, *93*, 2806-2812. DOI: [10.2527/jas.2015-8892](https://doi.org/10.2527/jas.2015-8892)
- Mapletoft, R.J., Baruselli, P.S., & Bó, G.A. (2019). ¿Qué debemos saber para decidir sobre la utilización de eCG en los programas de IATF en rodeos de carne y leche?. *Memorias del 13º Simposio Internacional de Reproducción Animal*, 129-141.
- Mapletoft, R.J., Bó, G.A., Baruselli, P.S., Menchaca, A., & Sartori, R. (2018). Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive biotechnologies in South American cattle. *Animal Reproduction*, *15*, 1003-1014. DOI: [10.21451/1984-3143-AR2018-0007](https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0007)
- Nishimura, T.K., Martins, T., da Silva, M.I., Lafuente, B.S., de Garla, M.J.R., Binelli, M., Pugliesi, G., & Saran, A.N. (2018). Importance of body condition score and ovarian activity on determining the fertility in beef cows supplemented with long-acting progesterone after timed-AI. *Animal Reproduction Science*, *198*, 27-36. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2018.08.042](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.042)
- Núñez-Olivera, R., de Castro, T., Garcia-Pintos, C., Bó, G.A., Piaggio, J., & Menchaca, A. (2014). Ovulatory response and luteal function after eCG administration at the end of a progesterone and estradiol-based treatment in postpartum anestrous beef cattle. *Animal Reproduction Science*, *146*, 111-116. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2014.02.017](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.02.017)
- Núñez-Olivera, R., de Castro, T., Bó, G.A., Piaggio, J., & Menchaca, A. (2018). Equine chorionic gonadotropin administration after insemination affects luteal function and pregnancy establishment in postpartum anestrous beef cows. *Domestic Animal Endocrinology*, *62*, 24-31. DOI: [10.1016/j.domaniend.2017.08.003](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2017.08.003)

- O'Hara, L., Forde, N., Carter, F., Rizos, D., Maillo, V., Ealy, A.D., Kelly, A.K., Rodriguez, P., Isaka, N., Evans, A.C., & Lonergan, P. (2016). Paradoxical effect of supplementary progesterone between day 3 and day 7 on corpus luteum function and conceptus development in cattle. *Reproduction Fertility and Development*, 26, 328-36. DOI: [10.1071/rd12370](https://doi.org/10.1071/rd12370)
- Patterson, D.J., Cooke, R.F., Dahlke, G.R., Funston, R.N., Hall, J.B., Lamb, G.C., J. Lauderdale, J., Perry, G.A., & Van Eenennaam, A.L. (2016). Physiological and management advances enhancing adoption of applied reproductive management procedures in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94(E-Suppl. 5), 560-561. DOI: <https://doi.org/10.2527/jam2016-1168>
- Pereira, L.L.L., Ferreira, A.P.A., Vale, W.W.G., Serique, L.R.L., Neves, K.A.L., Morini, A.C.A., Monteiro, B.M., & Minervino, A. (2018). Effect of body condition score and reuse of progesterone-releasing intravaginal devices on conception rate following timed artificial insemination in Nelore cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 53, 624-628. DOI: 10.1111/rda.13150
- Pereira, M.H.C., Wiltbank, M.C., & Vasconcelos, J.L.M. (2016). Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 99, 2237-2247. DOI: [10.3168/jds.2015-9903](https://doi.org/10.3168/jds.2015-9903)
- Pessoa, G.A., Martini, A.P., Carlotto, G.W., Rodrigues, M.C.C., Claro Jr, I., Baruselli, P.S., Brauner, C.C., Rubin, M.I.B., Corrêa, M.N., Leivas, F.G., & Sá Filho, M.F. (2016). Different doses of equine chorionic gonadotropin on ovarian follicular growth and pregnancy rate of suckled Bos taurus beef cows subjected to timed artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 85, 792-799. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2015.09.057
- Pfeifer, L.F.M., Castro, N.A., Melo, V.T.O., Neves, P.M.A., Cestaro, J.P., & Schneider, A. (2015). Timed artificial insemination in blocks: A new alternative to improve fertility in lactating beef cows. *Animal Reproduction Science*, 163, 89-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.10.002>
- Pfeifer, L.F.M., Castro, N.A., Neves, P.M.A., Cestaro, J.P., & Siqueira, L.G.B. (2017). Development and validation of an objective method for the assessment of body condition scores and selection of beef cows for timed artificial insemination. *Livestock Science*, 197, 82-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.011>

- Pohler, K.G., Peres, R.F.G., Green, J.A., Graff, H., Martins, T., Vasconcelos, J.L.M., & Smith, M.F. (2016). Use of bovine pregnancy-associated glycoproteins to predict late embryonic mortality in postpartum Nelore beef cows. *Theriogenology*, *85*, 1652-1659. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2016.01.026](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.01.026)
- Pugliesi, G., Bisinotto, D.Z., Mello, B.P., Lahr, F.C., Ferreira, C.A., Melo, G.D., Bastos, M.R., & Madureira, E.H. (2019). A novel strategy for resynchronization of ovulation in Nelore cows using injectable progesterone (P4) and P4 releasing devices to perform two timed inseminations within 22 days. *Reproduction in Domestic Animals*, *54*, 1149-1154. DOI: [10.1111/rda.13475](https://doi.org/10.1111/rda.13475)
- Richardson, B.N., Hill, S.L., Stevenson, J.S., Djira, G.D., & Perry, G.A. (2016). Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. *Animal Reproduction Science*, *166*, 133-140. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2016.01.013](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.013)
- Rodrigues, D., Cooke, R.F., Cipriano, R.S., Silva, L.G.T., Cerri, R.L.A., Cruppe, L.H., Meneghetti, M., Pohler, K.G., & Vasconcelos, J.L.M. (2018). Impacts of estrus expression and intensity during a timed-AI protocol on variables associated with fertility and pregnancy success in Bos indicus-influenced beef cows. *Journal of Animal Science*, *96*, 236-249. DOI: [10.1093/jas/skx043](https://doi.org/10.1093/jas/skx043)
- Rubin, M.I.B., Martini, A.P., Simões, D.F., Oliveira, J.A.R., Trentin, J.M., Sá Filho, M.F., & Batistella, M.L.R. (2015). Resynchronization protocols improve reproductive efficiency of suckled beef cows subjected to a breeding season during autumn-winter. *Animal Reproduction*, *12*, 659 (abstract). DOI: [10.1016/j.theriogenology.2018.08.021](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.08.021)
- Ruiz, A.Z., Domínguez, C., Martínez, N., Pinto, L., Drescher, K., Perez, R.M., A. Rojas, J.A.U., & Araneda, R. (2010). Efecto de la condición corporal y nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, involución uterina y expresión del IGF-I en vacas mestizas durante el posparto. *Interciencia*, *35*, 752-758.
- Sá Filho, M.F., Crespilho, A.M., Santos, J.E.P., Perry, G.A., & Baruselli, P.S. (2010). Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled Bos indicus cows. *Animal Reproduction Science*, *120*, 23-30. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2010.03.007](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007)

- Sá Filho, M.F., Marques, M.O., Giroto, R., Santos, F.A., Sala, R.V., Barbuio, J.P., & Basurelli, P.S. (2014). Resynchronization with unknown pregnancy status using progestin-based timed artificial insemination protocol in beef cattle. *Theriogenology*, *81*, 284-290. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2013.09.027](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.027)
- Sá Filho, M.F., Penteadó, L., Reis, E.L., Reis, T.A.N.P.S., Galvaõ, K.N., & Baruselli, P.S. (2013). Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology*, *79*, 625-632. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2012.11.016](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.016)
- SAS. (2004). SAS User's Guide (Release 9.1). p.1431-1555. SAS Institute. Inc., Cary. North Caroline, USA.
- Simões, R.A.L., Satrapa, R.A., Rosa, F.S., Piagentini, M., Castilho, A.C.S., Ereno, R.L., Trinca, L.A., Nogueira, M.F., Buratini J, Jr., & Barros, C.M. (2012). Ovulation rate and its relationship with follicle diameter and gene expression of the LH receptor (LHR) in Nelore cows. *Theriogenology*, *77*, 139-147. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2011.07.027](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.07.027)
- Souza, A.L.B., Segui, M.S., Kozicki, L.E., Weiss, R.R., Abreu, A., Bertol, M.A.F, Martins, D., & Oliveira, A. (2016). Impact of equine chorionic gonadotropin associated with temporary weaning, estradiol benzoate, or estradiol cypionate on timed artificial insemination in primiparous *Bos indicus* cows. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *59*: 1-3e16150389. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2016150389>
- Spencer, T.E., Forde, N., & Lonergan, P. (2016). The role of progesterone and conceptus-derived factors in uterine biology during early pregnancy in ruminants. *Journal of Dairy Science*, *99*, 5941-5950. DOI: [10.3168/jds.2015-10070](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10070)
- Torres-Júnior, J.R.S., Penteadó, L., Sales, J.N.S., Sá Filho, M.F., Ayres, H., & Baruselli, P.S. (2014). A comparison of two different esters of estradiol for the induction of ovulation in an estradiol plus progestin- based timed artificial insemination protocol for suckled *Bos indicus* beef cows. *Animal Reproduction Science*, *151*, 9-14. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2014.09.019](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.09.019)
- Vasconcelos, J.L., Sartori, R., Oliveira, H.N., Guenther, J.G., & Wiltbank, M.C. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*, *56*, 307-314. DOI: [10.1016/s0093-691x\(01\)00565-9](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00565-9)