

# El diámetro uterino y la actividad ovárica influyen en la presencia de estro y preñez de vaquillas de carne en un protocolo J-Synch para inseminación artificial a tiempo fijo

## The uterine diameter and ovarian activity influence the presence of estrus and pregnancy in beef heifers under a J-Synch protocol for fixed-time artificial insemination

José Luis Espinoza-Villavicencio<sup>1</sup> , Alejandro Palacios-Espinosa<sup>1</sup> , Bernardo Murillo-Amador<sup>2</sup> , Ricardo Ortega-Pérez<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja California Sur, México.

\*Autor para correspondencia: [rortega@uabcs.mx](mailto:rortega@uabcs.mx)

### RESUMEN

El estudio evaluó cómo el diámetro de los cuernos uterinos y la actividad cíclica de vaquillas para carne influye en su comportamiento estral y tasas de gestación con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Se usaron 100 vaquillas *Bos taurus* (cruzas no definidas de Angus, Charolais y Gelbvieh) de 300 ± 32 kg, evaluadas en su condición corporal (escala 1 a 5), el diámetro del cuerno uterino (1: menor a 1 cm; 2: 1 a 1.5 cm; 3: mayor a 1.5 cm) y su actividad cíclica al inicio del protocolo. La actividad cíclica se clasificó en: ciclando (C), anestro superficial (AS), o anestro profundo (AP). Se utilizó el protocolo J-Synch para sincronización de la ovulación, con seguimiento de la actividad estral mediante la pintura en la base de la cola. Los resultados mostraron que un 81 % de las vaquillas ciclando (C), exhibieron estro dentro de 72 h de finalizado el protocolo, superando significativamente a las vaquillas AS y AP ( $P \leq 0.001$ ). La presencia de estro en vaquillas con un mayor diámetro uterino fue superior a las de menor diámetro ( $P \leq 0.001$ ). Además, la intensidad del estro influyó en las tasas de gestación 30 días después de la IATF ( $P \leq 0.003$ ). La actividad cíclica y el diámetro de los cuernos uterinos al inicio del tratamiento también afectaron las tasas de preñez ( $P \leq 0.05$ ). Se concluye que, el diámetro de los cuernos uterinos y la actividad cíclica inicial en vaquillas para carne impacta la respuesta al protocolo J-Synch y las tasas de preñez pos-IATF.

**Palabras clave:** Vaquillas de carne; desarrollo uterino; actividad cíclica; IATF

### ABSTRACT

The study assessed how the diameter of uterine horns and cyclical activity in beef heifers influence their estrous behavior and gestation rates with fixed-time artificial insemination (FTAI). A total of 100 *B. taurus* heifers (undefined crosses of Angus, Charolais, and Gelbvieh) weighing 300 ± 32 kg were evaluated for their body condition (scale 1 to 5), uterine horn diameter (1: less than 1 cm; 2: 1 to 1.5 cm; 3: greater than 1.5 cm), and cyclical activity at the start of the protocol. Cyclical activity was classified into cycling (C), superficial anestrus (AS), or deep anestrus (AP). The J-Synch protocol was used for ovulation synchronization, with estrous activity monitored through paint at the base of the tail. The results showed that 81% of the cycling (C) heifers exhibited estrus within 72 hours of completing the protocol, significantly surpassing AS and AP heifers ( $P \leq 0.001$ ). The presence of estrus in heifers with a larger uterine diameter was higher than in those with a smaller diameter ( $P \leq 0.001$ ). Additionally, the intensity of estrus significantly influenced gestation rates 30 days post-FTAI ( $P \leq 0.003$ ). Cyclical activity and the diameter of the uterine horns at the start of the treatment also affected pregnancy rates ( $P \leq 0.05$ ). In conclusion the uterine horn diameter and initial cyclical activity in beef heifers impact their response to the J-Synch protocol and the post-FTAI pregnancy rates.

**Key words:** Beef heifers; uterine development; cyclical activity; FTAI

## INTRODUCCIÓN

El manejo eficaz de las vaquillas (*Bos taurus*) es fundamental para la eficiencia reproductiva en la ganadería de carne [1]. Es evidente un aumento en la productividad cuando un mayor número de vaquillas se preña al comienzo de su primer ciclo de apareamiento, logra parir un ternero y se preña de nuevo rápidamente para entrar en un segundo ciclo productivo [2]. En el contexto del desarrollo de vaquillas de carne, es esencial enfatizar la importancia de maximizar el porcentaje de hembras que nacen al inicio de la temporada de partos.

Las vaquillas nacidas durante los primeros 20 d en comparación con el segundo o tercer periodo de 20 d de la temporada de partos fueron más pesadas al destete, al inicio del empadre y antes del parto; hubo más vaquillas ciclando al comienzo de la temporada reproductiva; y mayores tasas de preñez [3, 4]. La pubertad se define como la edad en que los órganos reproductivos se vuelven funcionales y puede ocurrir una preñez a término. La pubertad en vaquillas está sujeta a factores ambientales y genéticos. La aptitud reproductiva se establece como consecuencia del desarrollo corporal y de los órganos reproductivos [5].

Para lograr una alta eficiencia reproductiva se pueden usar técnicas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con semen de alto valor genético, con el objeto de lograr un mayor peso al destete. Se sabe que existen varios factores que inciden en el éxito de la IATF en las vaquillas como peso, edad, condición corporal y la madurez sexual [6].

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del diámetro uterino y ciclicidad ovárica de vaquillas para carne sometidas a un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) al inicio de su primera temporada reproductiva, sobre la frecuencia y características del estro y tasas de gestación. La hipótesis propuesta fue que las vaquillas con un diámetro uterino mayor y aquellas ciclando al inicio de su primer empadre mostrarían una respuesta estral mayor y preñez cuando son sometidas a un protocolo de sincronización de la ovulación para IATF. Asimismo, se propuso que las vaquillas que muestran estro antes de la IATF tienen más probabilidad de preñarse temprano en su primer empadre.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y características del área de estudio

El trabajo se realizó en el Municipio de Comondú, Baja California Sur, México, en un predio ubicado en las coordenadas 24°57'45.9" N y 111°35'13.6" W. El clima característico del Municipio de Comondú es generalmente desértico y seco. La zona central del Municipio tiene una temperatura que fluctúa entre los 5 y 42°C. La precipitación promedio anual es de 120 mm. La vegetación predominante es de dos tipos, 1) matorral crasicale cuyas especies predominantes son *Pachycereus pringlei*, *Opuntia ficus-indica*, *Echinocactus platyacanthus*, *Opuntia cholla*, *Fouquieria diguetii*, *Stenocereus queretaroensis*, *Larrea tridentata* y *Myrtillocactus geometrizans* y, 2) selva baja caducifolia predominando especies como *Jatropha cinérea*, *Bursera microphylla*, *Acacia farnesiana*. En algunas zonas, existe abundante presencia de *Cenchrus ciliaris*.

### Manejo de los animales

El sistema de producción de los animales en estudio se basa en pastoreo sobre agostadero durante la temporada de lluvias y en pastoreo controlado sobre esquilmos agrícolas *Zea mays* y

*Cicer arietinum* durante la sequía. En la temporada de sequía, los animales son suplementados con una mezcla de plantas de maíz molido (incluyendo el elote) y heno de *Medicago sativa*, *Pisum sativum* y *Cicer arietinum*. El manejo reproductivo incluye la monta natural combinada con la inseminación artificial entre los meses de enero y julio, principalmente.

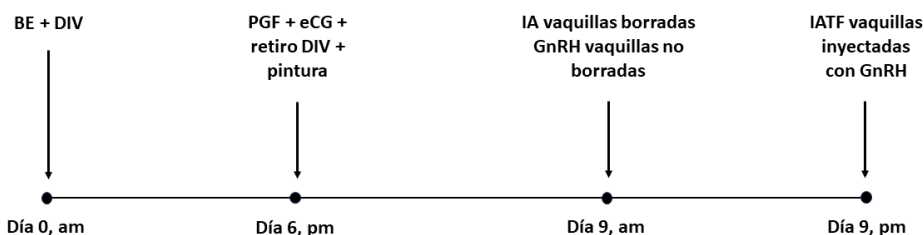
### Manejo experimental

En el estudio se utilizaron 100 vaquillas de carne tipo *Bos taurus* de 300 ± 32 kg de peso vivo. Las vaquillas fueron producto de la cruce no definida de ganado Angus, Charolais y Gelbvieh. La condición corporal de las 100 vaquillas se evaluó mediante la escala de 1 a 5 [7]. Al inicio de la época de empadres, se determinó el diámetro uterino medido en el cuerno derecho delante de la bifurcación (1: menos de 1 cm; 2: 1 a 1,5 cm; 3: mayor a 1,5 cm) así como la actividad cíclica. Esta última se clasificó en vaquillas ciclando (C), en anestro superficial (AS) y anestro profundo (AP) [C=presencia de un cuerpo lúteo (CL); AS=sin CL, pero con un folículo dominante (FD) de 8 mm o más; AP=sin CL ni FD de 8 mm o más]. Las mediciones se realizaron mediante ultrasonografía con un equipo SIUI CTS-800 (SIUIT-VET®, Shantou Institute of Ultrasonic Instruments Co., Ltd., China) dotado de un transductor lineal rectal de 7 MHz. La intensidad del estro se clasificó con base en la eliminación de la pintura de la base de la cola, usada para la detección del celo [0=pintura intacta (ausencia de estro); 1=pintura parcialmente eliminada o borrada (baja expresión); 2=más del 75 % de la pintura eliminada o borrada (alta expresión)].

El diámetro del folículo dominante medido por ecografía al momento de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se clasificó en dos categorías (1: folículo menor a 10 mm; 2: folículo mayor a 10 mm). Para la IATF, se utilizó el protocolo J-Synch (FIG.1). El día (d) cero (0) se colocó un dispositivo vaginal con 1,2 g de progesterona y se aplicó una inyección intramuscular de 2 mg de BE (benzoato de estradiol). El sexto d se retiró el dispositivo y se inyectaron 25 mg de PGF (prostaglandina F2α) 200 UI de eCG (gonadotropina coriónica equina) y se marcó la base de la cola con crayón para la detección de estros. Las acciones del sexto d se realizaron por la tarde porque 60 horas (h) después, que corresponden al d 9 por la mañana, las vaquillas se pasaron por la manga y aquellas con la pintura eliminada o borrada se consideraron como vaquillas que habían sido montadas y se inseminaron entre las 60 y 62 h de retirado el dispositivo. Las vaquillas cuya pintura no se eliminó o borró, se les inyectaron 100 µg vía intramuscular de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas) en ese momento y 12 h más tarde (a las 72 h del retiro del dispositivo) se inseminaron. Las vaquillas se expusieron a los toros (relación 20:1) 10 d después de la IATF, con prueba de fertilidad previa y estos se separaron 90 d más tarde. El diagnóstico de preñez se realizó mediante ecografía modo B a los 30; 60 y 100 d después de la IATF.

### Análisis estadístico

Las variables dependientes analizadas fueron la frecuencia de estros en respuesta al protocolo J-Synch y la probabilidad de preñez a los 30; 60 y 100 d de la temporada de empadre. Estas variables se analizaron para cada categoría de diámetro uterino y ciclicidad. Otras variables analizadas fueron la tasa de preñez en función de la presencia de estro hasta el momento de la IATF, así como la preñez en función de la intensidad del estro y del diámetro del folículo dominante al momento de la IATF. Los datos se analizaron mediante un modelo de regresión logística, utilizando el programa estadístico Minitab [8].



**FIGURA 1. Protocolo J-Synch para IATF.** BE: benzoato de estradiol, 2 mg vía intramuscular (IM); DIV: dispositivo vaginal con 1,2 g de progesterona; PGF: prostaglandina F2-alfa, 25 mg vía IM; eCG: gonadotropina coriónica equina, 200 UI vía IM; pintura: crayón marcador en la base de la cola; GnRH: hormona liberadora de gonadotropinas, 100 µg vía IM

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Presentación de estro

El 53 % de las vaquillas mostraron estro en respuesta al protocolo J-Synch. Este valor es similar (49 %) al reportado en vaquillas Angus en Argentina [9]. Otros trabajos reportan tasas de celo comparables a las obtenidas en este trabajo, 59 % a las 72 h en vaquillas Aberdeen Angus de 21 a 23 meses [10], 43 % a las 72 h sobre un grupo reducido de vaquillas *Bos taurus* de 17 meses de edad [11], 48 % en vacas con cría al pie y secas, receptoras de embriones [12]. Sin embargo, los resultados en este trabajo y los otros difieren de los encontrados en diversos estudios que demuestran una manifestación de celo superior al 80 % a las 60 h de retirado el dispositivo de Progesterona [13]. Las tasas relativamente bajas de estros registradas con J-Synch, a diferencia del porcentaje de celos a las 72 h (más del 90 %) observadas con otros tratamientos [9] puede explicarse por el uso del cipionato de estradiol como un inductor de la ovulación el d 7 u 8 del protocolo; en cambio, en el J-Synch las vaquillas entran en celo de forma natural entre las 60 y 72 h y las últimas reciben la GnRH como inductor de la ovulación. Por otro lado, la administración de estrógenos puede inducir la manifestación de celo por los niveles altos de estradiol generados en el animal [14] provocando los llamados "celos farmacológicos" [15]. La evaluación de la tasa de manifestación de celo en protocolos usando estrógenos exógenos ha sido reportada [16, 17] y en comparación con GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas) como inductor de la ovulación, obteniendo resultados ampliamente favorables para aquellos protocolos que utilizan estradiol [18, 19, 20, 21].

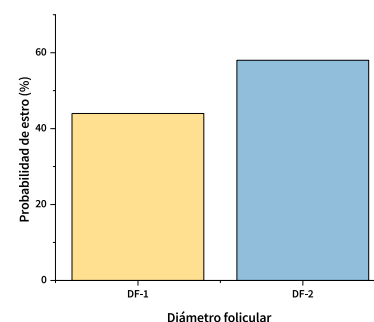
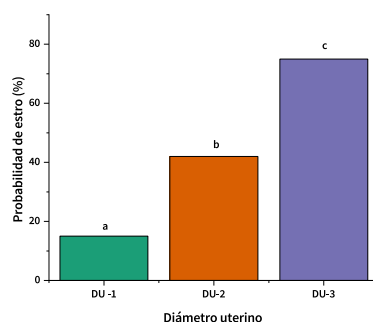
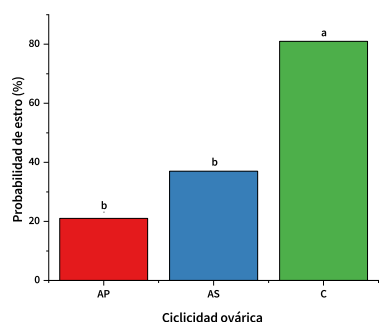
Las variables independientes analizadas en este estudio afectaron la probabilidad de manifestación de estro en respuesta al J-Synch. En la FIG. 2 se observa que, el 81 % de las vaquillas ciclando al inicio del protocolo mostraron estro dentro de las 72 h de finalizado el protocolo hormonal. Este valor resultó superior ( $P \leq 0,001$ ) al 37 y 21 % de los estros registrados en las hembras con anestro superficial o con anestro profundo, siendo estos similares entre sí ( $P \geq 0,05$ ).

El diámetro uterino de las vaquillas al inicio del protocolo de sincronización para IATF afectó la probabilidad de mostrar estro. En la FIG. 3, se observa la presencia de estro en las vaquillas con un diámetro uterino clasificado como 3 (75 %) el cual fue superior a los valores registrados en las vaquillas con los niveles 2 (42 %) y 1 (15 %). La diferencia entre todos los valores fue altamente significativa ( $P \leq 0,001$ ).

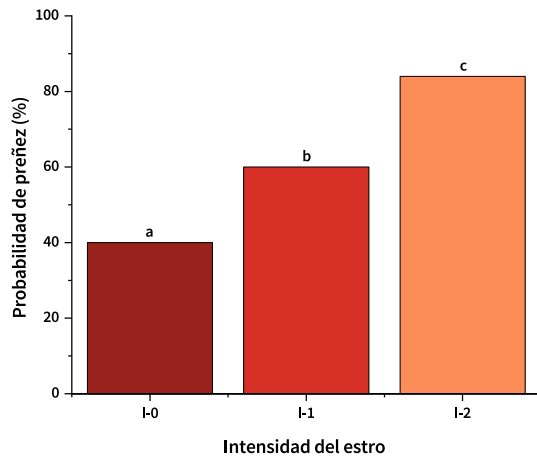
El diámetro del folículo dominante al momento de la IATF no mostró relación con la probabilidad de presentación de estro ( $P \geq 0,05$ ). El 44 y el 58 % de las vaquillas en las categorías DF-1 y DF-2, respectivamente, mostraron estro dentro de las 72 h de finalizado el tratamiento hormonal (FIG. 4).

### Porcentajes de preñez

La FIG. 5 muestra el efecto significativo de la intensidad del estro en el porcentaje de vaquillas que resultaron preñadas a los 30 d después de la IATF. Los porcentajes de preñez fueron de 84, 60 y 40 % en las categorías I-2, I-1 y I-0, respectivamente ( $P \leq 0,003$ ). Este estudio evaluó el efecto del celo conductual en el momento de la IATF y la tasa de preñez en las vaquillas que se trataron con un protocolo J-Synch



**FIGURA 2. Probabilidad de manifestación de estro en respuesta al protocolo J-Synch en función del grado de actividad cíclica de los ovarios al inicio del protocolo para IATF (AP: anestro profundo, AS: anestro superficial, C: ciclando;  $a, b, c \leq P \leq 0,001$ )**  
**FIGURA 3. Probabilidad de manifestación de estro en respuesta al protocolo J-Synch, en función del diámetro de los cuernos uterinos al inicio del protocolo para IATF (DU-1: <1 cm, DU-2: 1 a 1,5 cm, para IATF (DU-1: <10 mm, DF-2: ≥10 mm;  $P \geq 0,05$ )**  
**FIGURA 4. Probabilidad de manifestación de estro en respuesta al protocolo J-Synch, en función del diámetro del folículo dominante al inicio del protocolo para IATF (DU-1: <1 cm, DU-2: 1 a 1,5 cm, para IATF (DU-1: <10 mm, DF-2: ≥10 mm;  $P \geq 0,05$ )**



**FIGURA 5. Probabilidad de preñez en el día 30 posterior a la IATF, de acuerdo con la intensidad del estro dentro de las 72 horas de retirado el dispositivo de progesterona en un protocolo J-Synch para IATF [I-0: pintura intacta, I-1: pintura parcialmente eliminada o borrada (baja expresión), I-2: más del 75 % de la pintura eliminada o borrada (alta expresión);  $P \leq 0,003$ ]**

para IATF. En general, las vaquillas que mostraron estro dentro de las 72 h después de retirar el dispositivo de progesterona tuvieron una tasa de preñez mayor que las que no mostraron celo.

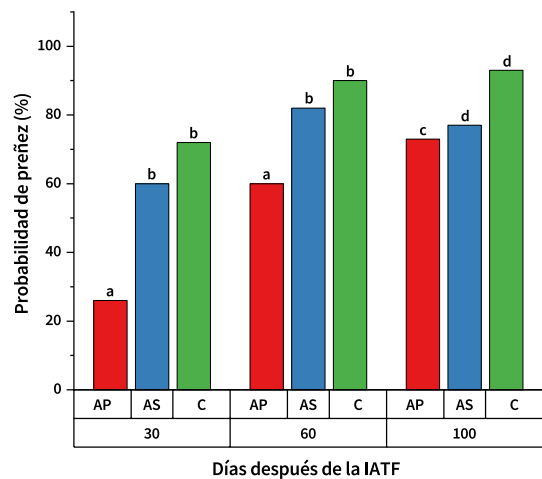
El estro se define como el período en el que una hembra es sexualmente receptiva y se debe al aumento de las concentraciones circulantes de estradiol en un momento en que las concentraciones de progesterona son bajas [22, 23]. La progresión de los eventos necesarios para el crecimiento, la elongación, la supervivencia y la implantación de los embriones están influenciados por la coordinación de sucesos que conducen a una disminución de las concentraciones de progesterona y un aumento de las concentraciones de estradiol antes del inicio del celo [24]. Las concentraciones de estradiol preovulatorio tienen un impacto positivo en el desarrollo embrionario posterior a la concepción y, se sugiere que las vacas que muestran celo tienen un producto de la concepción de mayor tamaño el día 19 de gestación en comparación con las que no muestran estro [25].

La manifestación de celo en programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) está correlacionada positivamente con las tasas de concepción en bovinos de carne, tanto en *Bos taurus* [26] como en cruces *Bos taurus* × *Bos indicus* [27]. Además, factores como el diámetro del folículo dominante en el momento de la IATF, el tamaño del cuerpo lúteo post-IATF, los niveles de progesterona en la fase lútea, y la tasa de preñez, son indicativos significativos de éxito reproductivo en bovinos de carne *Bos indicus* [28].

El tamaño del folículo dominante en el momento de la IATF está vinculado con el éxito gestacional en especies tanto *Bos taurus* [29, 30, 31, 32] como *Bos indicus* [33]. Esto sugiere que las altas concentraciones de estradiol producidas por el folículo ovulatorio son cruciales para lograr tasas elevadas de gestación [34]. La madurez del folículo puede afectar la fertilidad mediante la preparación del ovocito para el desarrollo del embrión, la preparación de las células foliculares para la luteinización y/o la preparación del ambiente uterino para el establecimiento de la gestación. La expresión de estro en receptoras *Bos indicus* × *Bos taurus* tratadas con el protocolo Ovsynch resultó en

mayor diámetro del folículo ovulatorio, subsiguiente área del cuerpo lúteo y concentraciones de progesterona y tasa mayor de preñez de embriones transferidos, comparada con aquellas que no presentaron celo [35]. Las razones de la preñez más alta en las receptoras que muestran estro es que fueron expuestas a concentraciones más altas de estradiol que las que fueron inducidas a ovular con GnRH antes de mostrar estro y las concentraciones más altas de progesterona en el momento de la transferencia embrionaria.

La actividad ovárica al inicio del protocolo de sincronización para la IATF afectó las tasas de preñez a los 30, 60 y 100 d después de la inseminación artificial. En la FIG. 6 se observa que, la preñez registrada a los 30 d fue de 26, 60 y 72 % en los grupos AP, AS y C, respectivamente.

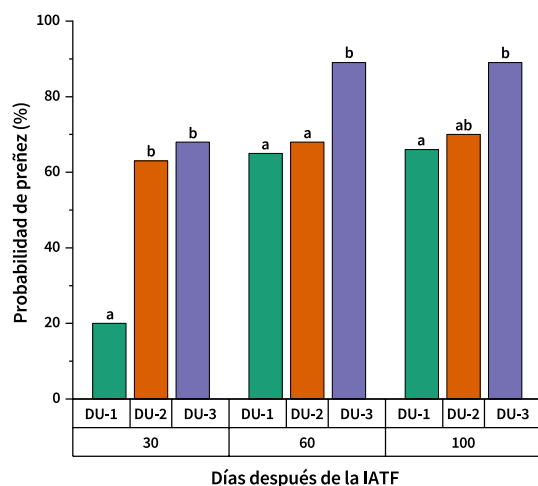


**FIGURA 6. Probabilidad de preñez en las vaquillas a los 30, 60 y 100 d posteriores a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en función del grado de actividad cíclica al inicio del protocolo J-Synch (AP: anestro profundo, AS: anestro superficial, C: ciclando; <sup>a,b</sup>  $P \leq 0,001$ ; <sup>c,d</sup>  $P \leq 0,05$ )**

La probabilidad de preñez a los 30 d fue significativamente inferior ( $P \leq 0,001$ ) en las vaquillas en AP que, en AS y C, sin registrarse diferencia entre las últimas ( $P \geq 0,05$ ). Una tendencia similar a los 30 d ocurrió en la probabilidad de gestación a los 60 d, registrándose valores de 60, 82 y 90 % de preñez en las vaquillas con AP, AS y S, respectivamente. Las tasas de preñez acumuladas a los 100 d posteriores a la IATF fueron de 73, 77 y 93 % en las vaquillas AP, AS y C, respectivamente. Al final del empadre se preñaron más animales en el grupo C ( $P \leq 0,05$ ) que, en AP y AS, resultando estos dos similares ( $P \geq 0,05$ ). Las vaquillas en AP tuvieron 4,2 y 7,3 veces menos posibilidad de preñarse que las hembras con AS y C, respectivamente.

El diámetro de los cuernos uterinos al inicio del protocolo de sincronización para la IATF afectó de manera significativa ( $P \leq 0,003$ ) la probabilidad de preñez en las vaquillas (FIG. 7). Las probabilidades de gestación a 30 d después de la inseminación artificial fueron de 20, 63 y 68 % en las categorías DU-1, DU-2 y DU-3 respectivamente, resultando una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) de entre las vaquillas con el diámetro uterino inferior (DU-1) con respecto a los otros (DU-2 y DU-3), sin diferencias entre estos dos grupos de animales. Las vaquillas con úteros más grandes (DU-2 y DU-3) tuvieron 7 y 8 veces más posibilidades de preñarse que las de útero de menor diámetro (DU-1). Las probabilidades de que ocurriera una gestación a los 60 d

de la IATF fue de 65, 68 y 89 % en las vaquillas en las categorías DU-1, DU-2 y DU-3, respectivamente. La probabilidad de preñez fue superior en la categoría DU-2 que en la categoría DU-1 ( $P \leq 0,05$ ) pero similar entre DU-2 y DU-3 y entre DU-1 y DU-2. Las vaquillas con un diámetro uterino mayor de 1,5 cm (DU-3) tuvieron 4,6 veces más oportunidad de resultar gestantes que las del grupo DU-1. Una tendencia similar en las probabilidades de preñez se registró a los 100 d posteriores a la IATF. En este momento, la posibilidad de ocurrencia de una preñez fue 3,6 veces mayor en las vaquillas con categoría DU-3 que en las de DU-1.

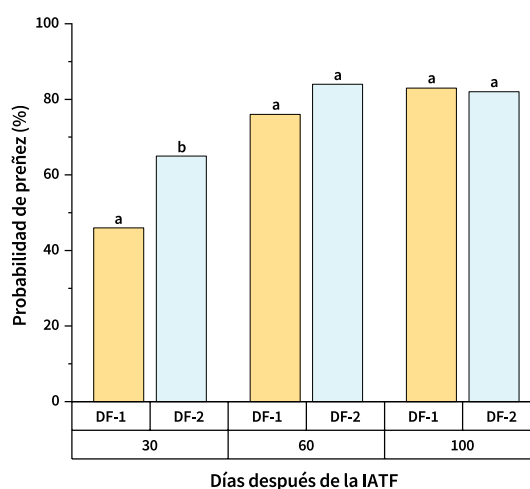


**FIGURA 7. Probabilidad de preñez en las vaquillas a los 30, 60 y 100 días posteriores a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en función del diámetro de los cuernos uterinos al inicio del protocolo (DU-1:<1 cm, DU-2: 1 a 1,5 cm, DU-3:>1,5 cm;  $a,b = P \leq 0,05$ )**

El desarrollo reproductivo es una medida subjetiva de la madurez sexual de una vaquilla, que normalmente se realiza de 4 a 6 semanas antes de iniciar la temporada de empadre. La puntuación se obtiene mediante palpación por el recto del útero y los ovarios y se basa en el grado de desarrollo uterino y el estado ovárico (tamaño del folículo dominante y presencia o ausencia de un CL). El grado de desarrollo reproductivo se asoció positivamente con la tasa de preñez durante una temporada de inseminación artificial (IA) de 50 d y con la tasa de gestación durante la siguiente temporada de reproducción [36].

En la FIG. 8 se muestra que, la probabilidad de preñez a los 30 d de la IATF, en función del diámetro del folículo dominante el día de la IATF fue diferente ( $P < 0,05$ ) entre las vaquillas con un folículo menor a 10 mm (categoría DF-1; 46 %) y las vaquillas con un folículo mayor o igual a 10 mm (categoría DF-2; 65 %). Las probabilidades de gestación fueron similares entre las categorías ( $P > 0,05$ ) tanto a los 60 d como a los 100 d (76 y 84 %; 83 y 82 % para los 60 y 100 d, respectivamente). La posibilidad de ocurrencia de preñez a los 30 d después de la IATF fue dos veces más en las vaquillas con un folículo dominante mayor o igual a 10 mm al momento de la inseminación artificial.

El tamaño del folículo ovárico a partir del cual se produce la ovulación se ha informado como un factor importante que afecta la probabilidad de concepción en programas de IATF en vacas de carne lactantes [32]. Las vacas con un folículo preovulatorio más grande en la IATF tienen más probabilidades de quedar preñadas [37].



**FIGURA 8. Probabilidad de preñez en las vaquillas a los 30, 60 y 100 días posteriores a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en función del diámetro del folículo dominante el día de la IATF (DF-1:<10 mm, DF-2:≥10 mm;  $a,b = P \leq 0,05$ )**

El diámetro del folículo en el momento de la ovulación en un protocolo IATF puede tener efecto en la fertilidad de las vacas de carne lactantes [31]. Los efectos positivos significativos del tamaño del folículo preovulatorio en la IATF sobre el porcentaje de vacas que ovularon y aumento de las preñeces fueron reportados en vacas *Bos taurus* [38] y en *Bos indicus* [37] y Sá-Filho y col [39].

La tasa menor de preñez observada en estudios previos para vacas con folículos más pequeños probablemente se deba a un momento inadecuado de la inseminación más que a estar relacionada con el tamaño real del folículo, su madurez y la competencia del ovocito contenido en el folículo.

## CONCLUSIONES

El diámetro de los cuernos uterinos, así como el estado de ciclicidad ovárica influyen en la respuesta estral y la preñez después de un protocolo J-Synch para IATF.

El diámetro del folículo ovulatorio al momento de la IATF, así como la intensidad del estro también se relacionaron con la probabilidad de preñez registrada de las vaquillas 30 d después de la inseminación.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés en el presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fernández-Novo A, Pérez-Garnelo SS, Villagrà A, Pérez-Villalobos N, Astiz S. The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle – A review. Anim. [Internet]. 2020; 10(11):2096. doi: <https://doi.org/m366>



- [2] Bitencourt MF, Cerdótes L, Restle J, Costa PT, Fernandes TA, Ferreira OGL, Silveira DD, Vaz RZ. Age and calving time affects production efficiency of beef cows and their calves. *Na. Acad. Bras. Ciên.* [Internet]. 2020; 92: e20181058. doi: <https://doi.org/m367>
- [3] Larson DM, Funston RN. Estrous synchronization increases early calving frequency, which enhances steer progeny value. *Proc. 81st Annual Meeting of Western Section American Society Animal Science* [Internet]; 16-18 Jun. 2009 [consultado 10 Nov. 2023]; Fort Collins (Colorado, EUA). 60:72-75. Disponible en: <https://goo.su/tGmUjic>
- [4] Funston RN, Musgrave JA, Meyer TL, Larson DM. Effect of calving period on ADG, reproduction, and first calf characteristics of heifer progeny. *Proc. 81st Annual Meeting of Western Section American Society Animal Science* [Internet]; 21-23 Jun. 2011 [consultado 10 Nov. 2023]; Miles City (Montana, EUA): Western Section ASAS. 62:231-233. Disponible en: <https://goo.su/UkvDSD>
- [5] Kasimanickam RK, Kasimanickam VR, McCann ML. Difference in body weight at breeding affects reproductive performance in replacement beef heifers and carries consequences to next generation heifers. *Anim.* [Internet]. 2021; 11(10):2800. doi: <https://doi.org/gmzm7q>
- [6] Baruselli PS, Catussi BLC, Abreu LA, Silva LG, Elliff FM, Freitas BG. Implementação de serviço precoce em novilhas zebruias. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* [Internet] 2019 [consultado 10 Nov. 2023]; 43(2):308-314. Disponible en: <https://goo.su/bz13D6>
- [7] Ayres H, Ferreira RM, Torres-Junior JRS, Demétrio CGB, Lima CG, Baruselli PS. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livest. Sci.* [Internet]. 2009; 123(2-3):175-179. doi: <https://doi.org/cw4mmp>
- [8] Minitab, LLC. Minitab [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.minitab.com>.
- [9] Callejas S, Uslenghi G, Catalano R, Larghi J, Cabodevila J. Comparación de dos protocolos para sincronizar ovulación e implementar inseminación artificial en vaquillonas. *Rev. vet.* [Internet]. 2014; 25(2):100-104. doi: <https://doi.org/m37t>
- [10] de la Mata JJ, Ré M, Bó GA. 8 Combination of oestrus detection and fixed-time artificial insemination in beef heifers following a shortened oestradiol-based protocol that provides for a lengthened proestrus. *Reprod. Fertil. Develop.* [Internet]. 2013; 27(1):96-97. doi: <https://doi.org/m37v>
- [11] de la Mata JJ, Bó GA. Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en periodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. *Taurus.* [Internet]. 2012 [consultado 10 Nov. 2023]; 14(55):17-23. Disponible en: <https://goo.su/N0csa>
- [12] de la Mata JJ, Núñez-Olivera R, Cuadro F, Bosolasco D, de Brun V, Meikle A, Bó GA, Menchaca A. Effects of extending the length of pro-oestrus in an oestradiol - and progesterone-based oestrus synchronisation program on ovarian function, uterine environment and pregnancy establishment in beef heifers. *Reprod. Fertil. Dev.* [Internet]. 2018; 30(11):1541-1552. doi: <https://doi.org/gffpr8>
- [13] Menchaca A, Núñez-Olivera R, García-Pintos C, Cuadro F, Bosolasco D, Fabini F, Dutra S, de la Mata JJ, Bó G. Efecto de la prolongación del proestro en la fertilidad de los programas de IATF. En: 12º Simposio Internacional de Reproducción Animal [Internet]. Córdoba (Argentina): Instituto de Reproducción Animal Córdoba; 30, 31 Ago.-01 Sep. 2017 [consultado 10 Nov. 2023]; p. 192-217. Disponible en: <https://goo.su/IUYt>
- [14] Liu JYH, Lin G, Fang M, Rudd JA. Localization of estrogen receptor ER $\alpha$ , ER $\beta$  and GPR30 on myenteric neurons of the gastrointestinal tract and their role in motility. *Gen. Comp. Endocrinol.* [Internet]. 2019; 272:63-75. doi: <https://doi.org/m4gZ>
- [15] Kouamo J. Current concepts for estrus synchronization in bovine. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* [Internet]. 2017 [consultado 2 Nov. 2023]; 5(4):456-462. Disponible en: <https://goo.su/Q5dN3Ek>
- [16] Hanlon DW, Williamson NB, Wichtel JJ, Sttefert IJ, Craigie AL, Pfeiffer DU. The effect of estradiol benzoate administration on estrous response and synchronized pregnancy rate in dairy heifers after treatment with exogenous progesterone. *Theriogenol.* [Internet]. 1996; 45(4):775-785. doi: <https://doi.org/dnms4j>
- [17] Cedeño A, Tribulo A, Tribulo RJ, Andrada S, Mapletoft RJ, Bó GA. Effect of estrus expression or treatment with GnRH on pregnancies per embryo transfer and pregnancy losses in beef recipients synchronized with estradiol/progesterone-based protocols. *Theriogenol.* [Internet]. 2020; 157:378-387. doi: <https://doi.org/m4g3>
- [18] Martinez MF, Adams GP, Kastelic JP, Bergfelt DR, Mapletoft RJ. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenol.* [Internet]. 2000; 54(5):757-769. doi: <https://doi.org/c94jpb>
- [19] Peralta-Torres J, Aké-López J, Centurion-Castro F, Magana-Monforte J. Comparison of estradiol cypionate and estradiol benzoate effects on ovaric activity, estrus and ovulation on *Bos indicus* cows anestrus. *J. Anim. Vet. Adv.* [Internet]. 2010 [consultado 23 Nov. 2023]; 9(3):466-470. Disponible en: <https://goo.su/MSbOr>
- [20] Ferreira RM, Ayres H, Gimenes LU, Torres FP, Lima FA, Veras MB, Guida TG, Sala RV, Baruselli PS. Inducing ovulation with oestradiol cypionate allows flexibility in the timing of insemination and removes the need for gonadotrophin-releasing hormone in timed AI protocols for dairy cows. *Reprod. Fertil. Dev.* [Internet]. 2017; 29(3):468-475. doi: <https://doi.org/f9tw3w>
- [21] Bonacker RC, Stoecklein KS, Locke JWC, Ketchum JN, Knickmeyer ER, Spinka CM, Pooock SE, Thomas JM. Treatment with prostaglandin F2 $\alpha$  and an intravaginal progesterone insert promotes follicular maturity in advance of gonadotropin-releasing hormone among postpartum beef cows. *Theriogenol.* [Internet]. 2020; 157:350-359. doi: <https://doi.org/m4g4>
- [22] Allrich RD. Endocrine and neural control of estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* [Internet]. 1994; 77:2738-2744. doi: <https://doi.org/b9c8g8>
- [23] Ajayi AF, Akhigbe RE. Staging of the estrous cycle and induction of estrus in experimental rodents: an update. *Fertil. Res. Pract.* [Internet]. 2020; 6(5):1-15. doi: <https://doi.org/gkmwhd>
- [24] Bridges GA, Day ML, Geary TW, Cruppe LH. Deficiencies in the uterine environment and failure to support embryonic development. *J. Anim. Sci.* [Internet]. 2013; 91(7):3002-3013. doi: <https://doi.org/m4g5>

- [25] Davoodi S, Cooke RF, Fernandes AC, Cappelozza BI, Vasconcelos JL, Cerri RL. Expression of estrus modifies the gene expression profile in reproductive tissues on day 19 of gestation in beef cows. *Theriogenol.* [Internet]. 2016; 85(4):645-655. doi: <https://doi.org/f798rq>
- [26] Richardson BN, Hill SL, Stevenson JS, Djira GD, Perry GA. 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. *Anim. Reprod. Sci.* [Internet]. 2016; 166:133-140. doi: <https://doi.org/m4g6>
- [27] Bó GA, Cedeño A, Tribulo A, Andrada S, Tribulo R, Barajas JL, Ortega J, Pellizari M, Mapletoft RJ. Influence of estrus expression and treatment with GnRH on pregnancy rates in beef cattle synchronized with progesterone devices and estradiol and inseminated at a fixed time. *Reprod. Fertil. Dev.* [Internet]. 2017; 29(1):111-111. doi: <https://doi.org/f9s784>
- [28] Sá-Filho MF, Santos JEP, Ferreira RM, Sales JNS, Baruselli PS. Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone based timed insemination protocols. *Theriogenol.* [Internet]. 2011; 76(3):455-463. doi: <https://doi.org/c498c5>
- [29] Lamb GC, Stevenson JS, Kesler DJ, Garverick HA, Brown DR, Salfen BE. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2 $\alpha$  for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* [Internet]. 2001; 79(9):2253-2259. doi: <https://doi.org/m4g7>
- [30] Perry GA, Smith MF, Roberts AJ, MacNeil MD, Geary TW. Effect of ovulatory follicle size on pregnancy rates and fetal mortality in beef heifers. *J. Anim. Sci. Suppl.* [Internet]. 2004 [consultado 19 Oct, 2023]; 82(1):101. Disponible en: <https://goo.su/vdvf6ZR>
- [31] Perry GA, Smith MF, Lucy MC, Green JA, Parks TE, MacNeil MD, Roberts AJ, Geary TW. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* [Internet]. 2005; 102(14):5268-5273. doi: <https://doi.org/fxckb2>
- [32] Perry GA, Smith MF, Roberts AJ, MacNeil MD, Geary TW. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *J. Anim. Sci.* [Internet]. 2007; 85(3):684-689. doi: <https://doi.org/fhbhzb>
- [33] Sá-Filho MF, Crespilho AM, Santos JEP, Perry GA, Baruselli PS. 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. *Anim. Reprod. Sci.* [Internet]. 2010; 120(1-4):23-30. doi: <https://doi.org/cpxc86>
- [34] Perry GA, Swanson OL, Larimore EL, Perry BL, Djira GD, Cushman RA. Relationship of follicle size and concentrations of estradiol among cows exhibiting or not exhibiting estrus during a fixed-time AI protocol. *Domest. Anim. Endocrinol.* [Internet]. 2014; 48:15-20. doi: <https://doi.org/f5699f>
- [35] Baruselli PS, Marques MO, Carvalho NAT, Berber RCA, Valentim R, Carvalho-Filho, AF, Costa-Neto WP. Dinâmica folicular e taxa de prenhez em novilhas receptoras de embrião (*Bos taurus indicus* × *Bos taurus taurus*) tratadas com o protocolo "OvSynch" para inovação em tempo fixo. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* [Internet]. 2003; 40(Suppl. 2):96-106. doi: <https://doi.org/fkhbdz>
- [36] Holm DE, Thompson PN, Irons PC. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *J. Anim. Sci.* [Internet]. 2009; 87(6):1934-1940. doi: <https://doi.org/csjqg6>
- [37] Meneghetti M, Sá-Filho OG, Peres RFG, Lamb GC, Vasconcelos JLM. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. *Theriogenol.* 2009; 72(2):179-189. doi: <https://doi.org/bw4nb8>
- [38] Vasconcelos JLM, Silcox RW, Rosa GJM, Pursley JR, Wiltbank MC. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenol.* 1999; 52(6):1067-1078. doi: <https://doi.org/fr7g44>
- [39] Sá-Filho OG, Meneghetti M, Peres RFG, Lamb GC, Vasconcelos JLM. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: strategies and factors affecting fertility. *Theriogenol.* [Internet]. 2009; 72(2):210-218. doi: <https://doi.org/bm4jq3>