



EFFECTO DEL DESARROLLO DEL TRACTO REPRODUCTIVO Y TRATAMIENTO HORMONAL SOBRE LA ACTIVIDAD OVÁRICA DE NOVILLAS *BOS INDICUS*[†]

[EFFECT OF REPRODUCTIVE TRACT DEVELOPMENT AND HORMONAL TREATMENT ON OVARIAN ACTIVITY OF *BOS INDICUS* HEIFERS]

J.A. Peralta-Torres^{1*}, J.R. Aké-López², J.C. Segura-Correa²,
C. Luna-Palomera¹, N.F. Ojeda-Robertos¹ and O.M. Torres-Chablé¹

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25. R/A La Huasteca 2ª Sección, CP. 86280, Villahermosa, Tabasco, México. Email: japt83@hotmail.com; jorge.peralta@ujat.mx.

² Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Xmatkuil Km. 15.5. Mérida, Yucatán.

*Corresponding author

RESUMEN

La evaluación del desarrollo del tracto reproductivo (DTR) es un criterio poco utilizado cuando incluyen novillas en programas de sincronización de estro. El objetivo fue determinar el efecto del grado del DTR y del tratamiento hormonal (TH) sobre la actividad estral y ovárica de novillas *Bos indicus* bajo condiciones de trópico húmedo. Se utilizaron 24 novillas *Bos indicus*, sincronizadas mediante un dispositivo intravaginal bovino (DIB), divididas de acuerdo al DTR (inmaduro o maduro) y al TH (cipionato de estradiol o benzoato de estradiol). El estro se registró de 24 hasta 60 h post-retiro del DIB. El seguimiento folicular se realizó mediante ultrasonido cada 12 h desde retiro del DIB hasta la ovulación. Se tomaron muestras sanguíneas los días 0, 3, 8 y 15 post-retiro del DIB para estimar la concentración de progesterona (P₄). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y regresión logística. No se encontró interacción entre factores (P > 0.05). El mayor porcentaje de estros se encontró en las novillas que tenían el DTR maduro (91.7%; P < 0.05). El intervalo entre el retiro del DIB-estro (50.0±2.6 h), la proporción de novillas que ovularon (100%), el intervalo retiro del DIB-ovulación (75.0±2.1 h) y el tiempo entre inicio del estro-ovulación (24.5±2.2 h) fueron similares para las hembras con tractos reproductivos inmaduros y maduros y para los TH. Asimismo, el crecimiento del folículo dominante y la concentración plasmática de P₄ fue similar para ambos grupos. En conclusión, el DTR tuvo efecto sobre la conducta de estro, sin embargo, la ovulación, el diámetro del folículo dominante y la concentración plasmática de P₄ de ambos grupos (DTR y TH) fueron similares en la sincronización del estro en novillas *Bos indicus* bajo condiciones de trópico húmedo.

Palabras claves: estradiol; estro; folículo dominante; ovulación; progesterona.

SUMMARY

Evaluation of the reproductive tract development (RTD) is a criterion rarely used when heifers are included in estrous synchronization programs. The objective was to determine the effect of RTD and hormonal treatment (HT) on estrous and ovarian activity in *Bos indicus* heifers under humid tropical conditions. Twenty-four *Bos indicus* heifer were synchronized using a bovine intravaginal device (BID), divided according to RTD (immature or mature) and HT (estradiol cypionate or estradiol benzoate). Estrous was recorded from 24 to 60 h after BID removal. Follicular monitoring was evaluated by ultrasound every 12 h from BID removal until ovulation. Blood samples were taken on day 0, 3, 8 and 15 post BID removal to estimate progesterone (P₄) concentration. Data were analyzed by analysis of variance and logistic regression procedures. There was no interaction between factors (P > 0.05). The highest percentage of estrous was found in heifers with mature RTD (91.7%, P < 0.05). The interval BID withdrawal to estrous (50.0±2.6 h), the proportion of heifers that ovulated (100%), the interval BID withdrawal-ovulation (75.0±2.1 h), and the time between onset of estrous and ovulation (24.5±2.2 h) were similar between immature and mature reproductive tracts and between HT. In addition, the growth of dominant follicles and P₄ concentration were similar for both study group. In conclusion, RTD had effect on estrous behavior, however, ovulation, diameter of dominant follicle and plasma P₄ concentration of both groups (RTD and HT) were similar on estrous synchronization, in *Bos indicus* heifers under humid tropical conditions.

Keywords: estradiol; estrous; dominant follicle; ovulation; progesterone.

[†] Submitted September 3 2018 – Accepted July 5, 2019. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.

INTRODUCCIÓN

Los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en bovinos son ampliamente utilizados debido a que aumentan el número de hembras inseminadas sin la necesidad de detectar el estro. Los programas de sincronización del estro utilizados en ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* (Perry *et al.*, 2007, Carvalho *et al.*, 2008), se basan principalmente en el uso de progestágenos o progesterona (P₄) natural en combinación con otras hormonas como la GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), eCG (gonadotropina coriónica equina) y el estradiol en sus diferentes presentaciones, las cuales tienen la función de mejorar la respuesta a la sincronización del estro (Baruselli *et al.*, 2004).

A pesar de que con el uso de fármacos se pueden sincronizar el estro, la tasa de fertilidad en estos programas es muy variable, y generalmente están alrededor del 50% (Bó y Baruselli, 2014). Son diversos los factores que se asocian con esa pobre respuesta, entre ellos la falta de sincronía entre el estro y la ovulación (Macmillan y Peterson, 1993), problemas en el crecimiento del folículo dominante (FD), en la ovulación y en la formación del subsiguiente cuerpo lúteo (CL; Baruselli *et al.*, 2005).

Para mejorar la sincronización del estro se han propuesto diferentes tratamientos hormonales, como el uso del cipionato de estradiol (CE) o benzoato de estradiol (BE). Ambas hormonas tienen dos funciones principales: cuando se aplica al inicio del tratamiento con P₄ atresian los folículos existentes e inducen el surgimiento de una nueva oleada folicular (Bó *et al.*, 1994), y cuando se aplican al retiro de la P₄, inducen una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH, la cual es capaz de aumentar los pulsos y la frecuencia de la hormona luteinizante (LH), logrando con ello la ovulación (Lucy *et al.*, 2004). Por su parte, el BE tiene el inconveniente que debe ser administrado 24 h después del retiro de la P₄, lo que requiere de un manejo adicional para los animales. Sin embargo, una alternativa que reduce el manejo de los animales es el uso del CE, que se aplica al retiro de la P₄.

Por otra parte, cuando se utilizan novillas en los programas de sincronización, se recomienda seleccionarlas considerando el estado de desarrollo del tracto reproductivo (DTR; Anderson *et al.*, 1991), debido a que la inmadurez de las novillas al momento de la sincronización resulta en bajas tasas de gestación (Baruselli *et al.*, 2001). Por tanto, es de gran importancia conocer como el DTR y el tratamiento hormonal (TH) influyen en la respuesta ovárica y estral de novillas *B. indicus*. Así como, determinar la importancia del DTR y considerarlo como un criterio para inclusión de novillas en los programas

reproductivos. Debido a lo anterior, la reducción del manejo de las novillas con el uso del CE y la incorporación de hembras con el tracto reproductivo maduro a programa de sincronización de estro, mejoraran la presencia de estro, la ovulación y la formación del subsiguiente CL. Por lo cual, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del DTR (inmaduro o maduro) y del TH (cipionato de estradiol o benzoato de estradiol) sobre la actividad estral y ovárica en novillas *B. indicus* en el trópico húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en un rancho ubicado en la región centro del municipio de Villahermosa, Tabasco, México, situado 18° 20' N y 93° 15' O, a una altitud de 20 msnm. El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias en verano, con temperatura promedio anual de 28.7 °C y promedio de precipitación anual de 1,940.6 mm (INEGI, 2014).

Animales y condiciones de manejo

Se utilizaron 24 novillas *B. indicus* (Cebú comercial), con 31.1±6.6 meses de edad, 343.9±16.0 kg de peso vivo y 4.5±0.5 de condición corporal (CC) en escala de 1 a 9, donde 1 correspondió a una novilla emaciada y 9 a una obesa (Ayala *et al.*, 1995). Los animales se mantuvieron en praderas de estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y se les ofreció 1 kg/animal/día de alimento comercial en base fresca con 14% de proteína cruda.

Diseño experimental

Al inicio del estudio (día 0), con la ayuda de un ultrasonido de tiempo real (Emperor[®]-830 Vet, China) con transductor lineal de 6.5 MHz, se realizó la evaluación del DTR de las novillas, se clasificaron como maduras (n=12) o inmaduras (n=12), de acuerdo con las características señaladas en la Tabla 1. Inmediatamente después de su clasificación, a cada novilla se le colocó un dispositivo intravaginal bovino (DIB[®] Lab. Syntex, Argentina, 1 g de P₄ natural), y se le aplicó vía intramuscular 2 mg de BE (benzoato de estradiol[®] Lab. Syntex, Argentina) y 7.5 mg de cloprostenol (Ciclase[®], Lab. Syntex, Argentina). El día siete del tratamiento se aplicó nuevamente, en forma intramuscular, 7.5 mg de cloprostenol y se retiró el DIB, formándose posteriormente dos sub-grupos dentro de cada grupo de DTR (inmaduro y maduro):

Grupo cipionato de estradiol (CE): inmediatamente al retiro del DIB se aplicó en forma intramuscular 0.5 mg de CE (cipionato de estradiol[®], Lab. Syntex, Argentina).

Grupo benzoato de estradiol (BE): veinticuatro horas después del retiro del DIB se aplicó en forma intramuscular 1 mg de BE.

Detección de estro y seguimiento del folículo dominante

El estro se detectó por observación visual a partir de 24 h de retirado el DIB hasta las 60 h, durante 1 h, tres veces al día (06:00, 12:00 y 18:00 h). Mediante ultrasonografía y con intervalos de 12 h se realizó el seguimiento del crecimiento del folículo dominante (FD), a todas las novillas a partir del retiro del DIB (hora 0) hasta determinar el momento de la ovulación (desaparición del FD; Colazo *et al.*, 2003).

Determinación de P₄

Para evaluar los cambios en las concentraciones plasmáticas de P₄ y determinar la función del CL, a todas las novillas se les colectaron muestras sanguíneas (5 ml) de la vena coccígea en tubos heparinizados, los días 0, 3, 8 y 15 post-retiro del DIB. El plasma se separó por centrifugación a 3000 rpm (1500 g) durante 15 min, después se transfirió por duplicado a viales de 2 ml y se almacenó a -20 °C hasta su análisis. La concentración de P₄ se midió con un kit de radioinmunoanálisis en fase sólida (Coat-A-Count®, Siemens medical solution diagnostics, Los Ángeles, CA, USA), la sensibilidad del ensayo fue 0.05 ng/ml y el coeficiente de variación intraensayo fue 8%.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial para determinar el efecto del DTR (inmaduro

o maduro), TH (CE o BE) y la interacción de ambos sobre el intervalo de tiempo desde el retiro del DIB a la presentación del estro, el tiempo del retiro del DIB a la ovulación, el tiempo del inicio del estro a la ovulación. La información generada fue analizada usando el PROC GLM del SAS (2011). El efecto del DTR, TH y su interacción, sobre la presencia de novillas en estro (sí o no) y en ovulación (sí o no) fueron analizados mediante procedimientos de regresión logística. Los efectos del DTR, del TH y su interacción sobre el diámetro del FD y los niveles de P₄ se determinaron mediante un análisis de varianza con medidas repetidas usando el procedimiento MIXED del SAS (SAS 2011). Las diferencias entre medias se establecieron con un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS

No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los efectos principales evaluados, motivo por el cual sólo se presentan los efectos principales. El mayor porcentaje de novillas en estro se presentó en aquellas con el tracto reproductivo maduro (91.7%; $P < 0.05$), no se encontró diferencia (promedio 66.6 %) por efecto del TH ($P > 0.05$; Tabla 2). El tiempo en que se observó el inicio del estro post-retiro del DIB fue similar ($P > 0.05$) para tractos inmaduros y maduros y el TH (promedio 50.0 h). En el 100% de las novillas de ambos grupos experimentales ocurrió la ovulación. El tiempo transcurrido entre el retiro del DIB y la ovulación (promedio 75.0 h) y el tiempo entre el inicio del estro y la ovulación (promedio 24.5 h) fue similar ($P > 0.05$) entre DTR y TH (Tabla 2).

Tabla 1. Criterios para la clasificación del desarrollo del tracto reproductivo de novillas *Bos indicus* (adaptado de Cutaia *et al.*, 2006).

Desarrollo del tracto reproductivo	Útero		
	Diámetro del cuerno ¹	A la palpación rectal	Estructuras del ovario
Inmaduro	≤ 12.9 mm	Sin tono	Folículos <10 mm
Maduro	≥ 13 mm	Con tono	Folículos >10 mm y/o con presencia de cuerpo lúteo

¹ Medición transversal del cuerno uterino, craneal a la bifurcación.

Tabla 2. Características estrales y ováricas (media ± EE) de novillas *Bos indicus* de acuerdo con el desarrollo del tracto reproductivo y al tratamiento hormonal.

Variables	Desarrollo del tracto reproductivo		Tratamiento hormonal	
	Inmaduro	Maduro	Cipionato de estradiol	Benzoato de estradiol
Novillas en estro (%)	41.7 ^a (5/12)	91.7 ^b (11/12)	75.0 ^a (9/12)	58.3 ^a (7/12)
Retiro DIB-estro (h)	48.5±3.3 ^a	51.4±2.1 ^a	51.2±2.3 ^a	48.7±2.9 ^a
Ovulación (%)	100 ^a (12/12)	100 ^a (12/12)	100 ^a (12/12)	100 ^a (12/12)
Retiro DIB-ovulación (h)	72.8±2.1 ^a	77.2±2.1 ^a	76.4±2.1 ^a	73.6±2.1 ^a
Estro-ovulación (h)	22.8±2.7 ^a	26.2±1.7 ^a	24.5±1.9 ^a	24.5±2.4 ^a

DIB: dispositivo intravaginal bovino.

^{ab} Diferente literal entre columnas del mismo factor indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

El crecimiento del FD fue similar ($P > 0.05$) para DTR y TH, variando de 8.2 mm al retiro del DIB a 11.9 mm 60 h después (Figura 1). En cuanto a la P_4 , las concentraciones plasmáticas de todas las novillas después del retiro del DIB no difirieron ($P > 0.05$) entre estados del DTR y hormonas aplicadas; observándose elevada la P_4 el día 0 (promedio 4.20 ng/ml; $P > 0.05$), luego un descenso de P_4 el día 3 (promedio 0.34 ng/ml; $P > 0.05$) y, por último, elevaciones de P_4 en sangre los días 8 (promedio 10.89 ng/ml $P > 0.05$) y 15 (promedio 7.55 ng/ml; $P > 0.05$) post-retiro del DIB (Figura 2).

DISCUSIÓN

El mayor porcentaje de novillas en estro se presentó en aquellas con el tracto reproductivo maduro con un promedio de 51 h post-retiro del DIB. Estos resultados coinciden con los reportados por Kasimanickam *et al.* (2016), quienes observaron que en novillas Angus cruzadas la mayor proporción de novillas en estro se registró en aquellas con tracto reproductivo maduro en comparación con las de tracto inmaduro; no encontrando diferencias en el tiempo de presentación del estro. Asimismo, LeFever y Odde (1986) reportaron que el 90% de las novillas con el DTR maduro (grado 5 y 4) presentaron estro, en

comparación con aquellas con DTR inmaduro (grado 1, 2 y 3), con menos del 80% de novillas en estro. Gutierrez *et al.* (2014) reportan que el DTR tiene efecto sobre la pubertad y la fertilidad. Al respecto, el resultado del presente estudio se relaciona con la hipótesis planteada, ya que la mayor proporción de novillas que contaban con DTR maduro presentaron estro.

El TH no influyó sobre el porcentaje de novillas en estro y el tiempo a su inicio. Estos resultados coinciden con los reportados por Uslenghi *et al.* (2014), quienes indican que, con el uso de CE el 70% de las vacas presentaron estro a las 42.5 h y con el BE el 90% a las 46.0 h. A pesar de que el BE y CE cuentan con estructuras químicas diferentes (Sales *et al.*, 2012), no se encontró diferencia en los porcentajes de novillas en estro y el tiempo en que se observó esta conducta. Sin embargo, ambos resultados se encuentran entre los rangos reportados en la literatura que varían de 50 hasta el 86% (Figueiredo *et al.*, 1997, Lammoglia *et al.*, 1998), y de 43 a 50 h (Peralta-Torres *et al.*, 2010) en ganado Cebú. A pesar de que no existió diferencias entre el TH, se observó mayor porcentaje de novillas en estro en el grupo sincronizado con CE.

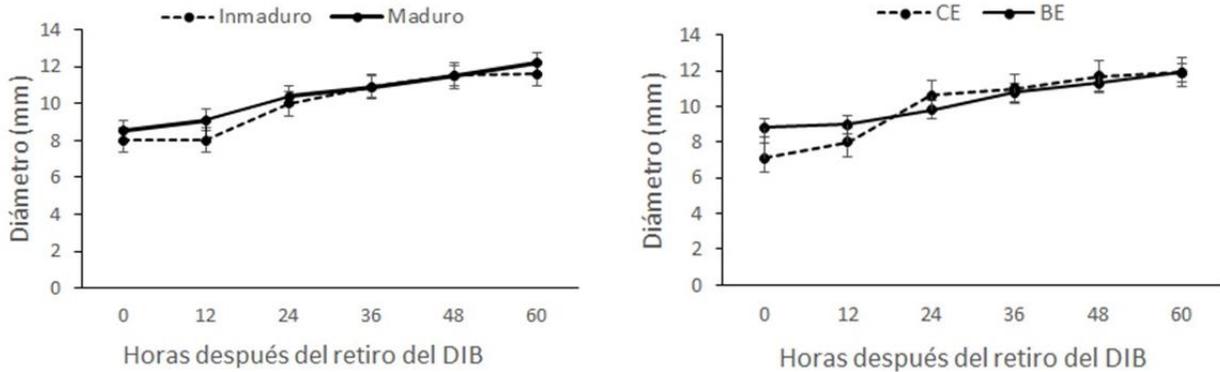


Figura 1. Diámetro del folículo dominante desde el retiro del DIB (hora 0) hasta 60 h, en novillas *Bos indicus* (media \pm EE). Abreviaturas: CE; cipionato de estradiol, BE; benzoato de estradiol, DIB; dispositivo intravaginal bovino. No se encontró diferencia entre grupos ($P > 0.05$).

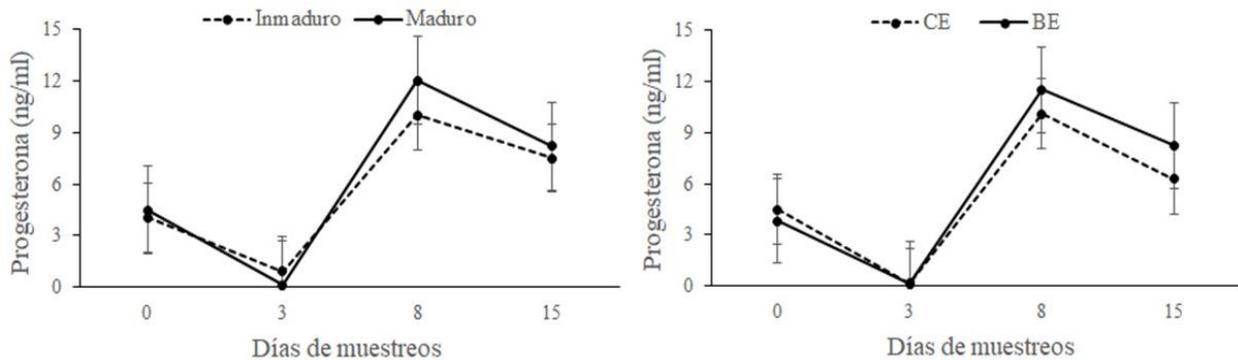


Figura 2. Medias de concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/ml) durante los días de muestreos en novillas *Bos indicus*. No se encontró diferencia entre grupos ($P > 0.05$).

En el presente estudio el 100% de las novillas ovularon entre las 72 y 77 h post-retiro del DIB, por lo que no existió diferencias en el uso de CE y BE. Estos resultados son similares a los reportados por Andrade *et al.* (2012), quienes en vacas Nelore no encontraron diferencias entre el uso de CE y BE, reportando porcentajes de ovulación de 100 y 89.5%, y tiempo transcurrido del retiro del dispositivo intravaginal a la ovulación de 73.7 y 74.5 h, respectivamente. Asimismo, Sales *et al.* (2012), tampoco encontraron diferencias entre el uso del BE y CE, reportando porcentajes de ovulación de 77.8 y 82.8% y tiempos entre el retiro del dispositivo y la ovulación de 70.2 y 68.5 h, respectivamente, en vacas Nelore. Aunque existen diferencias en las estructuras químicas de ambas hormonas, una de sus funciones es inducir el pico de LH y sincronizar la ovulación (Sales *et al.*, 2012). El tiempo en que ocurrieron las ovulaciones son de gran importancia para la implementación de protocolos de IATF, ya que se puede estimar el momento óptimo para la IA (54-56 h) y considerar con ello una posible fertilización. En este sentido, se confirma la ovulación en ambos grupos, por lo que, para que exista una gestación toman importancia eventos reproductivos como la fertilización y formación del subsiguiente CL.

No se encontró diferencia en el tiempo transcurrido de la observación del estro a la ovulación en las novillas según su DTR y TH. Esto concuerda con lo reportado por Bó *et al.* (2003) quienes observaron que en ganado *B. indicus* el intervalo del estro a la ovulación fue 27 h. Asimismo, Peralta-Torres *et al.* (2010) reportaron intervalos de 30 y 31 h para los grupos tratados con CE y BE, respectivamente. Estos resultados demuestran que en los protocolos de sincronización la importancia radica en que el estro se presente en el menor tiempo posible (después del retiro del DIB) para que posteriormente ocurra la ovulación, ya que el tiempo transcurrido entre estos dos eventos es más o menos constante, por lo tanto, ambos ésteres de estradiol tienen una eficacia similar en inducir la ovulación en novillas *B. indicus* independientemente de la manifestación del estro.

Con relación al comportamiento observado en el FD desde el retiro del DIB hasta las 60 h, éste fue similar al reportado por Ginther *et al.* (1997), Martínez *et al.* (2000) y Carvalho *et al.* (2008). Asimismo, Andrade *et al.* (2012), Sales *et al.* (2012) y Uslenghi *et al.* (2014) reportaron que el TH (CE o BE) no tuvo efecto sobre el diámetro del FD. Como el tamaño del FD no difirió significativamente entre ambos grupos experimentales, es posible que aumente la eficiencia de estos protocolos de sincronización en vaquillas *B. indicus*. Lo anterior, es de gran importancia ya que a medida que aumenta el diámetro del FD en un programa de IATF, también aumenta la probabilidad

de gestación (Meneghetti *et al.*, 2009, Sá Filho *et al.*, 2010, 2011).

No se encontró diferencia en la concentración de la P₄ entre los grupos de novillas con tracto inmaduro y maduro y TH, y en el comportamiento de la P₄ después del periodo de sincronización de estro, en las novillas del presente estudio. Estos resultados son similares a lo reportado por Cerri *et al.* (2011) y Núñez-Olivera *et al.* (2014). Los niveles de P₄ del presente estudio corroboran las ovulaciones observadas por ultrasonografía (niveles < 1 ng/ml; día 3), la formación del CL y su funcionalidad (niveles > 1 ng/ml; día 8 y 15). Lo que indica que la respuesta de las novillas al protocolo de sincronización no está influenciada por el DTR o el TH, porque en ambos grupos las novillas ovularon y posteriormente se formó un CL funcional. Por lo anterior, para que se lleve a cabo una gestación al implementar protocolos de sincronización de estro, la importancia radicaría principalmente en eventos como la fertilización, el desarrollo embrionario y el reconocimiento materno de la gestación.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio, el DTR tuvo efecto sobre la conducta de estro, sin embargo, la ovulación, el diámetro del folículo dominante y la concentración plasmática de P₄ de ambos grupos (DTR y TH) fueron similares en la sincronización del estro en novillas *Bos indicus* en condiciones de trópico húmedo.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Fomento a la Investigación y Consolidación de los Cuerpos Académicos (PFICA; Clave: UJAT-2010-C06-04) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), por el financiamiento otorgado. A la familia Bustamante León por los animales aportados.

REFERENCIAS

- Anderson, K.J., LeFever, D.G., Brinks, J.S., Odde, K.G. 1991. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agricultural Practice*. 12: 19-26.
- Andrade, B.H. de A., Ferraz, P.A., Rodrigues, A.S., Loiola, M.V.G., Chalhoub, M., Ribeiro Filho, A. de L. 2012. Eficiência do cipionato de estradiol e do benzoato de estradiol em protocolos de indução da ovulação sobre a dinâmica ovariana e taxa de concepção de fêmeas Nelore inseminadas em diferentes momentos. *Archives of Veterinary Science*. 17: 70-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v17i4.25710>.

- Ayala, A., Delgado, R., Honhold, N., Magaña, J. 1995. A visual condition scoring scheme for *Bos indicus* and crossbred cattle. In: Dual Purpose Cattle Production Research (Ed. Simon Anderson and Jonathan Wadsworth). International Foundation for Science. Yucatán, México. pp: 119-128.
- Baruselli, P.S., Bó, G.A., Reis, E.L., Marques, M.O., Sá Filho, F. 2005. Introdução da IATF no manejo reprodutivo de rebanhos bovinos de corte no Brasil. In: 6º Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina. pp: 151-176.
- Baruselli, P.S., Madureira, E.H., Marques, M.O. 2001. Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. Segunda Parte. Taurus. 13: 9-21.
- Baruselli, P.S., Reis, E.L., Marques, M.O., Nasser, L.F., Bó, G.A. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. Animal Reproduction Science. 82-83: 479-486. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.025.
- Bó, G.A., Adams, G.P., Pierson, R.A., Tribulo, H.E., Caccia, M., Mapletoft, R.J. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. Theriogenology. 41: 1555-1569. DOI: [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(94\)90821-Y](https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)90821-Y).
- Bó, G.A., Baruselli, P.S. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. Animal. 8: 144-150. DOI: 10.1017/S1751731114000822.
- Bó, G.A., Baruselli, P.S., Martínez, M.F. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. Animal Reproduction Science. 78: 307-326. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00097-6).
- Carvalho, J.B.P., Carvalho, N.A.T., Reis, E.L., Nichi, M., Souza, A.H., Baruselli, P.S. 2008. Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos taurus* x *Bos indicus*, and *Bos taurus* heifers. Theriogenology. 69: 167-175. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.08.035.
- Cerri, R.L., Chebel, R.C., Rivera, F., Narciso, C.D., Oliveira, R.A., Amstalden, M., Baez-Sandoval, G.M., Oliveira, L.J., Thatcher, W.W., Santos, J.E. 2011. Concentration of progesterone during the development of the ovulatory follicle, II. Ovarian and uterine responses. Journal of Dairy Science. 94: 3352-3365. DOI: 10.3168/jds.2010-3735.
- Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Mapletoft, R.J. 2003. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. Theriogenology. 60: 855-865. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00091-8).
- Cutaia, L., Peres, L., Pincinato, D., Bó, G.A. 2006. Influence of uterine diameter, ovarian size and ovarian structures on fertility in month old cross-bred Bonsmara heifers inseminated at fixed-time. Reunión anual de la Sociedad Brasileira de Tecnología de Embriones, Araxá, Brasil.
- Figueiredo, R.A., Barros, C.M., Pinheiro, O.L., Soler, J.M.P. 1997. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. Theriogenology. 47: 1489-1505. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00156-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00156-8).
- Ginther, O.J., Kot, K., Kulick, L.J., Wiltbank, M.C. 1997. Emergence and deviation of follicles during the development of follicular waves in cattle. Theriogenology. 48: 75-87. DOI: 10.1016/S0093-691X(97)00192-1.
- Gutierrez, K., Kasimanickam, R., Tibary, A., Gay, J.M., Kastelic, J.P., Hall, J.B., Whittier, W.D. 2014. Effect of reproductive tract scoring on reproductive efficiency in beef heifers bred by timed insemination and natural service versus only natural service. Theriogenology. 81: 918-924. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2014.01.008.
- INEGI. 2014. Perspectiva Estadística. Tabasco. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/sep_20145/tab/702825067830.pdf. Accessed 25/05/2018.
- Kasimanickam, R.K., Whittier, W.D., Hall, J.B., Kastelic, J.P. 2016. Estrous synchronization strategies to optimize beef heifer reproductive performance after reproductive tract scoring. Theriogenology. 86: 831-838. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.03.004.
- Lammoglia, M.A., Short, R.E., Bellows, R.E., Bellows, S.E., MacNeill, M.D., Hafz, H.D. 1998. Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in prepuberal heifers and post-partum cows after treatment with an intravaginal progesterone-

- releasing insert and prostaglandin F2 α . *Journal of Animal Science*. 76: 1662-1670. DOI: 10.2527/1998.7661662x.
- LeFever, D.G., Odde, K.G. 1986. Predicting reproductive performance in beef heifers by reproductive tract evaluation before breeding. In: CSU Beef Program Report (Ed. Fort Collins). Colorado, USA. pp: 13-25.
- Lucy, M.C., McDougall, S., Nation, D.P. 2004. The use of hormonal treatment to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 495-512. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2004.05.004.
- Macmillan, K.L., Peterson, A.J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for estrus synchronization, increasing pregnancy rate and the treatment of post-partum anestrus. *Animal Reproduction Science*. 33: 1-25. DOI: 10.1016/0378-4320(93)90104-Y.
- Martinez, M.F., Adams, G.P., Kastelic, J.P., Bergfelt, D.R., Mapletoft, R.J. 2000. Induction of follicles waves emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology*. 54: 757-769. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00388-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00388-5).
- Meneghetti, M., Sá Filho, O.G., Peres, R.F.G., Lamb, G.C., Vasconcelos, J.L.M. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: Basis for development of protocols. *Theriogenology*. 72: 179-189. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.010.
- Núñez-Olivera, R., de Castro, T., García-Pintos, C., Bó, G., 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.
- Peralta-Torres, J., Aké-López, J., Centurión-Castro, F., Magaña-Monforte, J. 2010. Comparison of estradiol cypionate and estradiol benzoate effects on ovary activity, estrus and ovulation on anestrous *Bos indicus* cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9: 466-470. DOI: 10.3923/javaa.2010.466.470.
- Perry, G.A., Smith, M.F., Roberts, A.J., MacNeil, M.D., Geary, T.W. 2007. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 85: 684-689. DOI: 10.2527/jas.2006-519.
- Sá Filho, M.F., Baldrighi, J.M., Sales, J.N.S., Crepaldi, G.A., Carvalho, J.B.P., Bó, G.A., Baruselli, P.S. 2011. Induction of ovarian follicular wave emergence and ovulation in progestin-based timed artificial insemination protocols for *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*. 129: 132-139. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2011.12.005.
- Sá Filho, M.F., Crespilho, A.M., Santos, J.E., 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.
- Sales, J.N.S., Carvalho, J.B.P., Crepaldi, G.A., Cipriano, R.S., Jacomini, J.O., Maio, J.R.G., Souza, J.C., Nogueira, G.P., Baruselli, P.S. 2012. Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology*. 78: 510-516. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2012.02.031.
- SAS, Institute Inc. 2011. SAS/STAT[®] User's Guide. Version 9.3th edn. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Uslenghi, G., González Chaves, S., Cabodevila, J., Callejas, S. 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Animal Reproduction Science*. 145: 1-7. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2013.12.009.