






Original

# Evaluación reproductiva y costos en programas de empadre estacional con *Bos indicus* en trópico mexicano

José F. Martínez<sup>1</sup>  MVZ; Carlos S. Galina<sup>1</sup>  Ph.D; Ivette Rubio<sup>2</sup>  Ph.D;  
Wendy L Balam<sup>2</sup>  MVZ; Manuel D Corro<sup>2\*</sup>  Ph.D.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Tlapacoyan, Veracruz, México.

\*Correspondence: [macorro@unam.mx](mailto:macorro@unam.mx)

Recibido: Noviembre 2020; Aceptado: Marzo 2021; Publicado: Abril 2021.

## RESUMEN

**Objetivo.** Comparar el desempeño reproductivo de vacas *Bos indicus* posparto y abiertas, así como evaluar el costo de retener vacas vacías al final de una temporada de empadre en el trópico mexicano.

**Material y métodos.** Se incluyeron 128 vacas *Bos indicus*, 87 vacas posparto (PP) con  $\leq 90$  días posparto y 41 vacas abiertas (OC) con  $> 90$  días abiertos. El estudio se dividió en tres fases: 1) Sincronización de celos (día 0-10) e inseminación a tiempo fijo (IATF), 2) Detección de celos e IA (día 11-45) y 3) Monta natural (día 46-90). Para la primera fase, todos los animales fueron sincronizados inseminados IATF (día 10). Las vacas que mostraban signos de estro (día 11-45) fueron inseminadas (IA). Las vacas abiertas durante las dos fases anteriores fueron expuestas al toro. **Resultados.** La tasa de gestación en la fase 1 fue 58.6% y 34.1% ( $p < 0.01$ ), para PP y OC, respectivamente. Durante la fase 2, el porcentaje de gestación fue 42.5% ( $p > 0.05$ ), mientras que en la fase 3, la tasa de preñez fue 44.2% ( $p > 0.05$ ). El costo de una vaca OC fue tres veces más que las vacas PP.

**Conclusiones.** La tasa de preñez durante la primera etapa, de la estación reproductiva, fue mayor para vacas PP que vacas OC. Al final de la estación reproductiva la tasa de gestación fue 80 %. El costo beneficio de retener animales no preñados después de una corta temporada de empadre no es económicamente factible para una unidad de producción vaca-becerro.

**Palabras clave:** Análisis de costos; *Bos indicus*; inseminación artificial; posparto (Fuente CAB)

## ABSTRACT

**Objective.** To compare the reproductive performance of postpartum and open *Bos indicus* cows and to study the cost effectiveness of retaining non-pregnant animals after a short breeding season in tropical region of Mexico. **Material and Methods.** A total of 128 *Bos indicus* were included, 87 postpartum cows (PP) with  $\leq 90$  days after calving and 41 open cows (OC) with  $> 90$  days open. The study was divided into three phases: 1) Estrus synchronization followed by FTAI (day 0-10), 2) Estrus detection and AI (day 11-45) and 3) Natural mating (day 46-90). For the first phase, all animals were

### Como citar (Vancouver).

Martínez JF, Galina CS, Rubio I, Balam WL, Corro MD. Evaluación reproductiva y costos en programas de empadre estacional con *Bos indicus* en trópico mexicano. Rev MVZ Córdoba. 2021; 26(2):e2130. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2130>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

synchronized and AI at fixed time (day 10). Cows displaying overt signs of estrus (day 11-45) were AI. Open cows during the previous two phases were exposed to the bull. **Results.** Pregnancy in phase 1 was different ( $p < 0.01$ ) for PP and OC groups, 58.6% and 34.1%, respectively. Overall pregnancy percentage over the second service was 42.5% ( $p > 0.05$ ). No differences ( $p > 0.05$ ) were observed at phase 3, average 44.2%. By the end of the breeding season, the cost of OC, was 3 times more expensive than PP cows. **Conclusions.** Pregnancy rate at first phase was higher in PP cows than OC cows. At the end of breeding season, a pregnancy rate of 80% was found. Incorporation of open cows from previous breeding season was more expensive than PP cows in all phases of the breeding program. Retaining an open cow for rebreeding one year or more could not be economically feasible.

**Keywords:** Artificial insemination; *Bos indicus*; cost analysis; postpartum (Source CAB)

## INTRODUCCIÓN

En los países localizados en zonas tropicales, ha crecido el interés por la implementación de programas de Inseminación Artificial (IA) utilizando detección de estro seguido de monta natural en combinación con una temporada corta de empadre. No obstante, existe una variedad de factores que pueden influir en el éxito de la IA. Entre estos se encuentran la breve duración del estro, la duración del periodo posparto, fallas en la detección de estros y la falta de compromiso pleno con el programa (1,2). Varios estudios (3,4) han mostrado resultados alentadores en protocolos que incorporan combinaciones hormonales para sincronizar el ciclo estral de las vacas, con la ventaja de que pueden ser utilizados tanto en vacas cíclicas como anéstricas. El uso de esta técnica ha permitido que la inseminación en una fecha determinada, también conocida como inseminación artificial de tiempo fijo (IATF) se convierta en una alternativa popular, evitando de esta forma los errores en la detección de estros.

Independientemente del programa de reproducción utilizado en las unidades de producción bovina, el éxito económico de la ganadería productora de becerros depende de tener buenas tasas de preñez en una temporada corta de empadre. De tal forma, que una temporada compacta de partos es un componente esencial del manejo reproductivo de las vacas con cría al pie. Las vacas que paren al inicio de la temporada tendrán la ventaja de un período de recuperación más largo después del parto, mejorando la posibilidad de quedar gestantes durante la siguiente temporada de empadre, así como la de disminuir la probabilidad de que sea descartada (5). No obstante, se ha observado en diferentes experimentos (6,7) que aproximadamente 20% de las vacas no quedan gestantes al final de una temporada corta de empadre. Además, Stagg et al (8) y Sinclair et al (9) informaron que alrededor de 15% de las

vacas no responden a la eliminación del efecto del amamantamiento y vínculo de madre-cría, trayendo como resultado intervalos posparto prolongados, a menudo descritos como anestros profundos. Por esta razón, la monta natural se emplea comúnmente en vacas que no quedan preñadas después de un programa de IA (para su revisión véase Galina y Orihuela (2)). Por otro lado, el uso de toros en programas con monta natural por sí mismo no es garantía de buenas tasas de gestación. Diferentes estudios Chacón (10), Chenoweth y Mc Pherson (11) señalan que cuando se realiza la evaluación de la salud reproductiva del semental (BSE), alrededor de 15-35% de los toros de razas cárnicas son clasificados como no aptos como reproductor potencial. Barth (12), indicó el éxito de una temporada corta de cría utilizando toros en hatos de carne, dependen entre otros factores de la identificación temprana de toros sub fértiles e infértiles.

Por todo lo anterior, se plantean las siguientes preguntas ¿cuáles son las implicaciones económicas de retener vacas no gestantes del año anterior e incorporarlas en un nuevo programa de IA? Además, ¿Qué tan rentable es el uso de monta natural después de un programa de IA? El objetivo del presente estudio es comparar el desempeño reproductivo de vacas *Bos indicus* posparto y abiertas, así como evaluar el costo de retener vacas vacías al final de una temporada de empadre en el trópico mexicano.

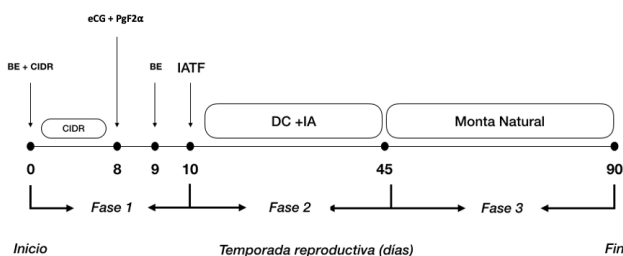
## MATERIAL Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el estado de Veracruz, México. Localizado a 20° 04'N y 97° 03'W, con clima tropical húmedo, temperatura media anual de 24°C y precipitación pluvial media anual de 1742 mm.

Declaración ética. Los métodos utilizados durante la presente investigación fueron aprobados por el Comité Interno de Cuidado Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en concordancia con el Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki).

**Animales.** Se utilizaron 128 vacas Brahman múltiparas sanas diagnosticadas no preñadas por medio ultrasonografía. Se dividieron en dos grupos: vacas posparto (PP) con  $\leq 90$  días abiertos ( $n=87$ ) y vacas abiertas ( $n=41$ ) (OC) con  $>90$  días abiertos. La edad promedio y el número de partos fueron de  $5\pm 2$  y  $3\pm 2$ , respectivamente. Todos los animales se mantuvieron en condiciones de pastoreo rotacional en praderas con pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), y gramas nativas (*Paspalum* spp. y *Axonopus* pp), complementado con sales minerales y agua ad libitum.

**Diseño experimental.** El estudio comprendió tres fases: 1) Sincronización de estros seguida de IATF (día 0-10), 2) Detección de estros e IA (día 11-45) y 3) Monta natural (día 46-90). Todas las vacas ( $n=128$ ) fueron incluidas en la primera fase (día 10). En la segunda fase las vacas que mostraban signos positivos de estro (día 11-45) fueron inseminadas artificialmente bajo la regla AM/PM. Finalmente, todas las vacas diagnosticadas vacías del período anterior fueron expuestas a un toro de 6 años de fertilidad probada (Figura 1).



**Figura 1.** Calendario de la temporada reproductiva aplicada para vacas posparto y abiertas.

Fase 1. Al inicio del empadre ambos grupos recibieron un protocolo de sincronización de estro con 2 mg de benzoato de estradiol (BE) y un dispositivo de liberación controlada (CIDR) con 1,9 g de progesterona natural. Al retiro del CIDR (día 8) aplicación de 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) junto con 25 mg de prostaglandina natural (Pgf2α).

Posteriormente en el día 9, aplicación de 1 mg BE. La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se realizó a las  $56\pm 2$  h después del retiro de CIDR. Fase 2. Detección de estro (DE) e inseminación artificial (IA) realizada del día a 11 hasta el día 45. Fase 3. Período de monta natural desde el día 46 y hasta el final de la temporada reproductiva día 90.

**Manejo reproductivo. Sincronización de Estros y IATF.** Todas las vacas fueron sincronizadas utilizando un protocolo basado en el uso de un dispositivo con 1.9 g de progesterona natural (CIDR 1900 Cattle Insert, Zoetis, México) y la administración de 2 mg IM de benzoato de estradiol (Benzoato de Estradiol, Zoetis, México) el día de la inserción (día 0). Al retiro del CIDR (día 8) se administraron 400 UI IM de eCG (Novormon 5000, Zoetis, México) junto con 25 mg de Prostaglandina F2 alfa IM (dinoprost trometamina, Lutalyse, Zoetis, México). En el día 9, se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol (Benzoato de estradiol Zoetis, Zoetis, México). La IATF se realizó a las  $56\pm 2$  h después del retiro de CIDR.

**Detección de Estro + IA.** La detección de estro se llevó a cabo durante dos períodos al día (06:00 a 08:00 a.m. y 16:00 a 18:00 p.m.). Se consideró que la vaca se encontraba en estro cuando aceptaba la monta por otra vaca (13). La IA se realizó bajo el sistema AM-PM.

**Exámenes de ultrasonido.** Dos días antes de cada fase del programa de empadre se evaluó la presencia de un cuerpo lúteo (PCL), utilizando un ultrasonido (Aloka SSD 500, Tokio, Japón) con un transductor de 7 MHz.

Se tomaron muestras de sangre en la vena o arteria coccígea. Progesterona se midió utilizando un kit ELISA (DRG® Progesterona ELISA, Alemania). La presencia de un cuerpo lúteo viable se determinó cuando los valores de progesterona estaban por encima de 1 ng/mL (14). Un valor de 1, indicaba la ausencia de cuerpo lúteo y de niveles progesterona de  $< 1$  ng/mL y 2; si un cuerpo lúteo visible estaba presente y los niveles de progesterona eran  $> 1$  ng/mL.

El diagnóstico precoz de gestación se realizó a los 35 días después del servicio de IATF, IA o toro. y continuó cada 7 días durante el período de monta natural, para registrar lo más cerca posible el tiempo real de gestación. El diagnóstico fue llevado a cabo por ultrasonografía transrectal, utilizando un ecógrafo (Aloka SSD 500, Tokio,

Japón) con un transductor lineal de 7 MHz. Para confirmar la preñez se identificó la presencia de la vesícula amniótica, el propio embrión y sus latidos cardíacos. La tasa de gestación se calculó sobre la base de estos datos.

**Evaluación de la condición corporal (CC).** La puntuación de la condición corporal fue calificada en la escala 1 (delgada) a 9 (obesa) de acuerdo con la metodología propuesta por Nicholson & Butterworth, (15).

**Evaluación de la grasa dorsal (GD).** Fue evaluado al comienzo del programa reproductivo utilizando un dispositivo de ultrasonido (Aloka SSD 500, Tokio, Japón) con un transductor convexo de frecuencia de 3.5 MHz. La GD se midió, con el animal inmovilizado, en el área del anca entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad del isquion, 2-3 cm por encima del trocánter mayor del fémur (16).

**Análisis de costos.** Se utilizó la metodología desarrollada por Torres-Aburto et al (17), para establecer el costo del intervalo entre partos por vaca al día (\$0.98 USD), y el costo de oportunidad por día para una vaca abierta que no destetó un ternero (\$0.96 USD). El costo del programa de IATF 1por vaca durante la fase, se calculó en \$35.61 USD, el cual incluyó las hormonas, materiales desechables para IA, semen y la mano de obra (fase 1). Para la fase 2 (35 días), los gastos incluyeron: costo de mano de obra por vaca por día (\$0.22 USD) y una dosis de semen (\$7.73 USD). Para la fase 3 (45 días) los costos contemplaron la mano de obra y el costo de mantenimiento de un toro adulto por día (\$1.85 USD). Por último, se calculó el costo total en cada fase y el costo de mantener una vaca abierta durante un año.

**Análisis estadístico.** Se utilizaron tablas de contingencia bidireccionales para las tasas de gestación en las tres fases para los grupos PP y OC. Además, se realizó una prueba de correlación de coeficiente de Spearman en la fase 1 y 3 para la edad, número de partos, puntuación de condición corporal, presencia de cuerpos lúteos, preñez y días abiertos. Todos los análisis estadísticos se realizaron en los paquetes estadísticos IBM SPSS 22 y GraphPad Prism 8. Se consideró un valor de  $p < 0.05$  para determinar las diferencias estadísticamente significativas.

## RESULTADOS

Durante la fase 1 del estudio, el porcentaje de preñez fue significativamente diferente ( $p < 0.01$ ) para los grupos PP y OC, con 58.6% y 34.1% respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Comparación entre las tasas de preñez durante las tres fases para los grupos PP y OC.

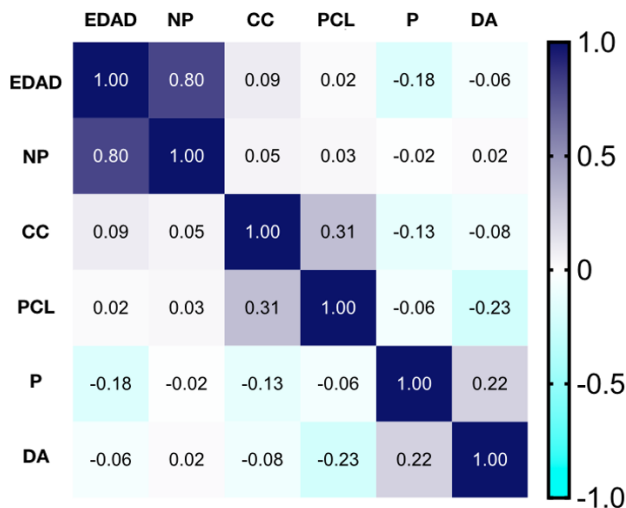
		Fase		
		1	2	3
Vacas posparto	N	87	24	25
	Preñadas	51	11	10
	PR %	58.6 <sup>a</sup>	45.8 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>
Vacas abiertas	N	41	23	18
	Preñadas	14	9	9
	PR* %	34.1 <sup>b</sup>	39.1 <sup>a</sup>	50.0 <sup>a</sup>
Valor P		0.0093	0.7702	0.5286
General PR* %		50.8	42.55	44.19

\*(PR) Tasa general de preñez equivale a la proporción total de vacas gestantes (OC+PP) al final de cada fase; (a, b) Diferentes letras dentro de las columnas representan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

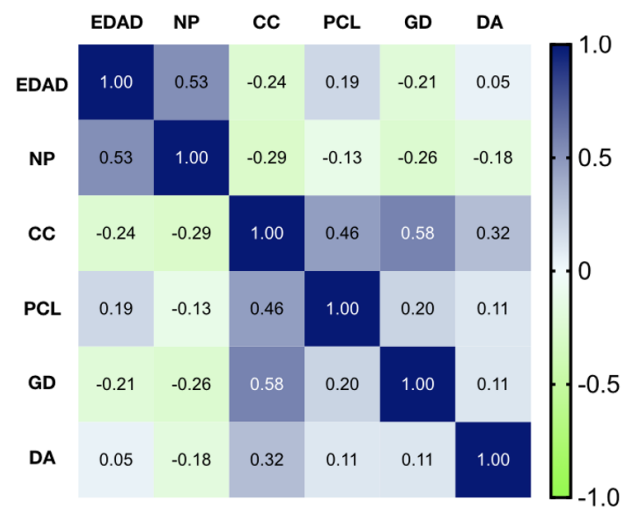
Al comienzo de la fase 1, las vacas del grupo PP se encontraron más delgadas ( $p < 0.001$ ) que el grupo OC,  $3.6 \pm 1.13$  y  $5.4 \pm 1$ , respectivamente. Además, el porcentaje de vacas con cuerpo lúteo también fue diferente ( $p < 0.05$ ), para PP y grupo OC, 43.7% y 85.4%, comparativamente. Por el contrario, el grupo PP mostró una correlación positiva moderada entre la condición corporal y la presencia de cuerpo lúteo ( $r: 0.31$ , CI 95%,  $p = 0.004$ ). Además, una correlación negativa débil entre los días abiertos y la presencia de cuerpo lúteo, así como correlación positiva débil con la preñez ( $r: -0.23$ , IC 95%,  $p = 0.030$  y  $r: 0.22$ , IC 95%,  $p = 0.044$ ), respectivamente (Figura 2).

Durante esta fase, las vacas no gestantes del grupo PP tuvieron menos días abiertos ( $68.58 \pm 15.17$  d) que las vacas gestantes ( $74.98 \pm 13.37$  d). Por el contrario, las vacas gestantes y vacías del grupo OC, no mostraron diferencias estadísticas significativas con ninguna de las características ( $p > 0.05$ ).

En la fase 2, el porcentaje de detección de celos fue diferente entre grupos ( $p < 0.05$ ), 66.7% (24/36) y 85.2% (23/27) para PP y OC, respectivamente. La proporción de gestantes fue de 42.5% sin diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) (Tabla 1).



**Figura 2.** Correlación entre las características de las vacas posparto en la fase 1. Número de partos (NP), condición corporal (CC), presencia de cuerpo lúteo (PCL), preñez (P) y días abiertos (DA).



**Figura 3.** Correlación entre las características de las vacas posparto en la fase 3. Número de partos (NP), condición corporal (CC), presencia de cuerpo lúteo (PCL), grasa dorsal (GD) y días abiertos (DA).

Un total de cuarenta y tres vacas llegaron a la fase 3 (Tabla 1). La tasa de preñez fue de 44.2% sin diferencias ( $p > 0.05$ ) entre grupos. Sin embargo, la CC fue significativamente menor ( $p < 0.0001$ ), en vacas PP ( $3.88 \pm 1.87$ ) que OC ( $7.4 \pm 0.86$ ). Aproximadamente el 90 % ( $p > 0.05$ ) de las vacas tenían un CL en este momento. En el grupo PP se encontró una correlación positiva débil ( $r: 0.46$ , IC 95%,  $p = 0.019$ ), entre la puntuación de la condición corporal y la presencia de un cuerpo lúteo (Figura 3).

Las vacas no preñadas del grupo PP tuvieron menos días abiertos  $110.2 \pm 11.89$  y  $141.5 \pm 10.48$  días, respectivamente. Por el contrario, las vacas gestantes y vacías del grupo OC no mostraron diferencias estadísticas significativas con respecto a ninguno de los parámetros descritos ( $p > 0.05$ ).

El análisis de costos tenía como objetivo discernir el valor de una vaca no gestante al final del programa reproductivo. El costo inicial para las vacas del grupo PP fue de \$59.40 USD. En este momento el costo de oportunidad no se consideró en este grupo. Por otro lado, el gasto inicial para mantener a las vacas abiertas de la temporada de cría anterior (costos de oportunidad y mantenimiento) fue de \$615.12 USD. Durante la primera fase de la temporada de cría, una vaca PP que permanecía abierta, representaba un costo total de \$200.19 USD. Esta cantidad aumentaba a \$ 278.68 USD, inclusive llegaba hasta \$ 360.90 USD si la vaca no quedaba gestante durante la temporada de cría. En cambio, en el grupo OC, una vaca abierta al final de la fase 1 tenía un costo de \$ 626.13 USD. En la fase tres, el costo determinado para una vaca no gestante fue de \$711.9 USD. Por lo que, el costo total para mantener una vaca abierta durante un año fue de \$1327.02 USD (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de costos (USD) de una vaca no preñadas después del programa IATF y el servicio natural en el posparto de vacas de *Bos indicus* (PP) o vacías (OC).

	Costo inicial*		Costo de no preñez					
			fase 1 (10 días)		fase 2 (11-45 días)		fase 3 (46-90 Días)	
	OC	PP	PP	OC	PP	OC	PP	OC
Costo de oportunidad	350.50	0.0	268.00	96.00	302.00	129.60	345.60	172.80
Mantenimiento de vacas	264.60	59.40	277.2	69.30	308.70	133.65	356.45	178.20
IATF /vaca			35.61	35.61				
Mano de obra					7.70	7.70	9.90	9.90
Dosis Semen					7.73	7.73		
Mantenimiento del toro							83.25	83.25
Costo total	615.12	59.40	580.81	200.91	626.13	278.68	711.90	360.90

\* El costo inicial para las vacas abiertas (OC) considera 270 días y 60 días para las vacas posparto (PP)

## DISCUSIÓN

La tasa de preñez obtenida en el presente estudio durante el programa de IATF (50.4%) es comparable a los datos obtenidos por otros autores como Sá Filho et al (3), Baruselli et al (4), Ayres et al (18), y Sales et al (19), quienes han trabajado con ganado *Bos indicus* utilizando tratamientos hormonales basados en dispositivos liberadores de progesterona (P4) junto con benzoato de estradiol (BE), prostaglandina (PgF2 $\alpha$ ) y tratamiento con gonadotropina coriónica equina (eCG) en el momento del retiro del dispositivo. Nuestros resultados señalaron que aproximadamente 60% de las vacas PP y un tercio de las vacas OC incluidas en el programa IATF habrían parido durante la primera semana de la temporada de partos. La incorporación de vacas abiertas (OC) del año anterior al programa IATF, redujo a la mitad el porcentaje de vacas gestantes durante la temporada de cría.

Durante la fase 1, las vacas del grupo PP redujeron su CC y hubo una menor proporción de vacas con presencia de cuerpo lúteo que en el grupo OC. Debido probablemente a que las vacas PP tuvieron una mejor tasa de gestación que las vacas OC en un programa IATF. Una explicación podría ser que las vacas del grupo PP tuvieron una mejor respuesta al tratamiento hormonal durante la IATF. La razón de esta disparidad pudo ser el uso de eCG (20), sin embargo, se necesita profundizar más en la investigación de este tema.

Por otro lado, al comparar sólo las vacas gestantes en el grupo PP, la mayoría tenía un cuerpo lúteo funcional, así como mejor CC. Estos datos coinciden con Diskin y Kenny (5), quienes mencionan que una mejor CC al comienzo de la temporada de cría, podría ser más importante que la CC al momento del parto.

Como también señalan Ibendahl et al (21), las vacas en el grupo OC habrían ganado más peso antes del programa reproductivo que las vacas posparto. En este último grupo, la puntuación de la condición corporal y los días abiertos influyeron directamente en la presencia de un cuerpo lúteo y en la gestación. Por otro lado, las vacas gestantes del grupo PP en la fase 1 tenían un mayor número de días posparto (74 días) que las vacas no gestantes del mismo grupo (68.5 días). Esta fue probablemente la razón por la que la actividad ovárica aumentó en aquellas vacas que comenzaron la temporada de cría más tarde en el período posparto. Estos datos coincidieron

con la revisión de Stevenson et al (22) quienes señalan que el porcentaje de aumento de la ciclicidad de las vacas se encuentra relacionada con la CC. En este estudio, el mayor porcentaje de vacas con actividad ovárica se encontró de 81 a 90 días. No obstante, esta reflexión sólo podría aplicarse a las vacas del PP.

En la fase 2, cerca del 75% de las vacas diagnosticadas abiertas en la fase 1 fueron detectadas en estro. Larson et al (23), Sá Filho et al (3) y Rodrigues et al (24) en estudios similares, en donde las vacas que estuvieron expuestas a IATF y siguieron con un programa de IA con detección del estro, reportaron tasas de detección estro de 42%, 25.4% y 40%, respectivamente. En nuestro estudio se detectaron en estro 66.6% y 85.2% de los grupos PP y OC, respectivamente. Una posible explicación para esta diferencia con estudios anteriores podría ser que una mayor proporción de vacas abiertas estaban ciclando y es probable que mostraron estro. Por otro lado, podría ser la consecuencia del tiempo dedicado a la detección de estro (2).

El porcentaje de vacas preñadas durante la fase 2 fue similar al porcentaje obtenido en estudios anteriores (22,23) con valores del 36% al 45.5%. Cabe destacar que a pesar de un mayor número de vacas detectadas en celo el grupo OC, no se encontraron diferencias significativas en las tasas de gestación con el grupo del PP. La explicación más lógica podría ser la detección errónea de estro como han sugerido otros autores (5,24). No obstante, existe la posibilidad de que estos animales tengan un problema de fertilidad a pesar de la ciclicidad.

Existe una amplia información para suponer que sólo 50% de las vacas paren cada año en un programa de monta natural (25,26). Durante la fase 3, el porcentaje de vacas gestantes después del periodo de monta natural fue de 44.19%, como se encontró en estudios anteriores (27,28,29). En estudios recientes, Washaya et al (30) obtuvieron 56.7% de gestaciones con monta natural, en un período de tres meses. Lo anterior sugiere que la variabilidad en el desempeño de los toros podría ser responsable de limitar el aumento en las tasas de gestación (12, 31). Sin embargo, el toro podría estar en desventaja cuando se utiliza después de un programa de IA, ya que es probable que, en esta fase, se encuentren vacas que tienen problemas para concebir. Varios informes han destacado que no importa qué programa

reproductivo se utilice, una característica constante es que alrededor del 20% de las vacas no quedan gestantes durante una temporada corta de cría (32, 33). El porcentaje de vacas abiertas al final de una temporada de cría fue similar en el presente estudio. La combinación de IATF, detección de estros y monta durante una estación reproductiva corta, busca tener el mayor número de preñeces, para conseguir una temporada compacta de partos.

Además, es muy posible que un gran porcentaje de vacas abiertas al final del período de cría puedan estar en anestro. Se necesita realizar una investigación más extensa sobre este tema, independientemente de las causas de esta deficiencia.

Debido a la naturaleza del sistema de producción de ganado vacuno, se requiere de un análisis económico. La eficiencia reproductiva está relacionada con la rentabilidad en una finca de cría de ganado bovino. El enfoque de análisis de costos en este experimento fue dirigido al costo de mantener una vaca abierta a la próxima temporada de cría. En efecto, como se observa en la tabla 2, una vaca abierta del programa anterior de cría cuesta 10 veces más al comienzo de la estación reproductiva (fase 1). La razón para mantener una vaca abierta para la próxima temporada de cría podría estar relacionada con una decisión de manejo. Ibendahl y Anderson (34) explicaron otros factores para decidir mantener una vaca abierta. Por ejemplo, el valor económico de las vaquillas de reemplazo, más el precio del ternero destetado y el costo de mantenimiento de la vaca. Por otro lado, Torres-Aburto et al (17) estudiando el costo de las unidades comerciales de cría de vacas en los trópicos del sureste de México. Concluyeron que el aumento del intervalo entre parto conducía hacia una disminución en el número de terneros por año, reduciendo la rentabilidad y estabilidad

de la unidad de producción. En este experimento, el costo total de mantener una vaca vacía desde la temporada de cría anterior alcanzó un costo total de \$1327.02 USD que fue 3 veces el costo de una vaca vacía del grupo PP al finalizar la temporada reproductiva.

En el presente estudio, la tasa de gestación en la primera fase fue mayor en las vacas PP que en las vacas OC. No se encontraron diferencias en las tasas de gestación correspondientes a las fases dos y tres. Al final de la temporada de cría, se encontró una tasa de gestación total de 80%. La inclusión de vacas abiertas del programa anterior de cría fue más costosa que la incorporación de vacas PP en todas las fases de la temporada reproductiva. Por tanto, retener una vaca vacía para la reproducción un año o más, no es económicamente factible para una unidad de producción vaca-becerro.

### **Conflicto de interés**

Los autores declaran ningún conflicto de interés.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al personal administrativo del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México por su asistencia en el mantenimiento y cuidado de los animales.

### **Declaración de apoyo financiero**

Esta investigación recibió apoyo parcial de Programa de Apoyos a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN216820, Universidad Nacional Autónoma de México.

## REFERENCIAS

1. Orihuela A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Appl Anim Behav Sci.* 2000; 70(1):1–16. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00139-8)
2. Galina CS, Orihuela A. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Horm Behav.* 2007; 52(1):32–38. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0018506X07000724>
3. Sá Filho MF, Penteadó L, Reis EL, Reis TANPS, Galvão KN, Baruselli PS. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology.* 2013; 79(4):625–632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.016>
4. Baruselli PS, Ferreira RM, Sá Filho MF, Bó GA. Review: Using artificial insemination v. natural service in beef herds. *animal.* 2018; 12(1):45–52. [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S175173111800054X/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S175173111800054X/type/journal_article)
5. Diskin MG, Kenny DA. Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology.* 2016; 86(1):379–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.052>
6. Pérez-Torres L, Rubio I, Corro M, Cohen A, Orihuela A, Galina CS, et al. A pre-synchronization program at early postpartum might increase the chances of *Bos indicus* cows cycling prior to 50 days regardless of the length of calf separation. *J Reprod Dev.* 2015; 61(3):199–203. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/61/3/61\\_2014-114/article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/61/3/61_2014-114/article)
7. Díaz BR, Galina CS, Rubio I, Corro M, Pablos JL, Orihuela A. Monitoring changes in back fat thickness and its effect on the restoration of ovarian activity and fertility in *Bos indicus* cows. *Reprod Domest Anim.* 2018; 53(2):495–501. <https://dx.doi.org/10.1111/rda.13136>
8. Stagg K, Spicer LJ, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG. Effect of Calf Isolation on Follicular Wave Dynamics, Gonadotropin and Metabolic Hormone Changes, and Interval to First Ovulation in Beef Cows Fed Either of Two Energy Levels Postpartum. *Biol Reprod.* 1998; 59(4):777–783. <https://doi.org/10.1095/biolreprod59.4.777>
9. Sinclair KD, Molle G, Revilla R, Roche JF, Quintans G, Marongiu L, et al. Ovulation of the first dominant follicle arising after day 21 post partum in suckling beef cows. *Anim Sci.* 2002; 75(1):115–126. [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1357729800052899/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1357729800052899/type/journal_article)
10. Chacón J. Assessment of Sperm Morphology in Zebu Bulls, under Field Conditions in the Tropics. *Reprod Domest Anim.* 2001; 36(2):91–99. <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1439-0531.2001.00253.x>
11. Chenoweth PJ, McPherson FJ. Bull breeding soundness, semen evaluation and cattle productivity. *Anim Reprod Sci.* 2016; 169:32–36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.03.001>
12. Barth AD. Review: The use of bull breeding soundness evaluation to identify subfertile and infertile bulls. *Animal.* 2018; 12(s1):s158–s164. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731118000538>
13. Orihuela A, Galina C, Escobar J, Riquelme E. Estrous behavior following prostaglandin F2 $\alpha$  injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology.* 1983; 19(6):795–809. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0093691X9390323W>
14. Bisinotto RS, Chebel RC, Santos JEP. Follicular wave of the ovulatory follicle and not cyclic status influences fertility of dairy cows. *J Dairy Sci.* 2010; 93(8):3578–3587. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3047>
15. Nicholson MJ, Butterworth MH. A guide to condition scoring of Zebu Cattle. Addis Ababa: International Livestock Centre for Africa; 1986.



16. Schröder UJ, Staufenbiel R. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J Dairy Sci.* 2006; 89(1):1-14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72064-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72064-1)
17. Torres-Aburto VF, Domínguez-Mancera B, Vázquez-Luna D, Espinosa Ortiz VE. Cost of the calving interval in tropical bovine production in southeastern Mexico. *Agro Product.* 2020; 13(7):45-51 <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1651>
18. Ayres H, Martins CM, Ferreira RM, Mello JE, Dominguez JH, Souza AH, et al. Effect of timing of estradiol benzoate administration upon synchronization of ovulation in suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with a progesterone-releasing intravaginal device. *Anim Reprod Sci.* 2008; 109(1-4):77-87. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378432007003971>
19. Sales JNS, Carvalho JBP, Crepaldi GA, Cipriano RS, Jacomini JO, Maio JRG, et al. 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.* 2012; 78(3):510-516. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.02.031>
20. Baruselli P., Reis E., Marques M., Nasser L., Bó G. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci.* 2004; 82-83:479-486. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037843200400079X>
21. Ibendahl GA, Anderson JD, Anderson LH. Deciding when to replace an open beef cow. *Agr Finance Rev.* 2004; 64(1):61-74. <https://doi.org/10.1108/00214660480001154>
22. Stevenson JS, Johnson SK, Milliken GA. Incidence of Postpartum Anestrus in Suckled Beef Cattle: Treatments to Induce Estrus, Ovulation, and Conception. *Prof Anim Sci.* 2003; 19(2):124-134. [http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31391-7](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31391-7)
23. Larson D, Musgrave JA, Funston RN. Effect of Estrus Synchronization with a Single Injection of Prostaglandin During Natural Service Mating Effect of Estrus Synchronization with a Single Injection of Prostaglandin During Natural Service Mating. *Nebraska Beef Cattle Reports.* 2009; 527:9-10. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/527>
24. Rodrigues WB, Jara JDP, Borges JC, Fialho de Oliveira LO, Gomes de Abreu UP, Anache NA, et al. Efficiency of mating, artificial insemination or resynchronisation at different times after first timed artificial insemination in postpartum Nelore cows to produce crossbred calves. *Anim Prod Sci.* 2018; 59(2):225-231. <http://www.publish.csiro.au/?paper=AN17466>
25. Palmer MA, Olmos G, Boyle LA, Mee JF. Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein-Friesian cows. *Theriogenology.* 2010; 74(2):255-264. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.02.009>
26. Silva-Mena C, Aké-López R, Delgado-León R. Sexual behavior and pregnancy rate of *Bos indicus* bulls. *Theriogenology.* 2000; 53(4):991-1002. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093691X00002454>
27. Molina R, Bolaños I, Galina C., Pérez E, Paniagua G, Estrada S. Sexual behaviour of Zebu bulls in the humid tropics of Costa Rica: single versus multiple-sire groups. *Anim Reprod Sci.* 2000; 64(3-4):139-148. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378432000002062>
28. Molina R, Galina CS, Camacho J, Maquivar M, Diaz GS, Estrada S, et al. Effect of alternating bulls as a management tool to improve the reproductive performance of suckled Zebu cows in the humid tropics of Costa Rica. *Anim Reprod Sci.* 2002; 69(3-4):159-173. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378432001001798>

29. Molina R, Galina CS, Diaz MS, Galicia L, Estrada S. Evaluation of a bull rotating system using natural mating: Effect on the reproductive performance of zebu cows. *Agrociencia*. 2003; 37(1):1–10. <http://www.colpos.mx/agrociencia/Bimestral/2003/ene-feb/art-1.pdf>
30. Washaya S, Tavirimirwa B, Dube S, Sisito G, Tambo G, Ncube S, et al. Reproductive efficiency in naturally serviced and artificially inseminated beef cows. *Trop Anim Health Prod*. 2019; 51(7):1963–1968. <http://link.springer.com/10.1007/s11250-019-01889-z>
31. Petherick JC. A review of some factors affecting the expression of libido in beef cattle, and individual bull and herd fertility. *Appl Anim Behav Sci*. 2005; 90(3–4):185–205. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159104001959>
32. Pessoa GA, Martini AP, Sá Filho MF, Batistella Rubin MI. Resynchronization improves reproductive efficiency of suckled *Bos taurus* beef cows subjected to spring-summer or autumn-winter breeding season in South Brazil. *Theriogenology*. 2018; 122:14–22. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.08.021>
33. Ferreira RM, Conti TL, Gonçalves RL, Souto LA, Sales JNS, Sá Filho MF, et al. Synchronization treatments previous to natural breeding anticipate and improve the pregnancy rate of postpartum primiparous beef cows. *Theriogenology*. 2018; 114:206–211. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.022>
34. Ibendahl G, John Anderson. Open Cow Replacement Decisions: an Application of Asset Replacement Theory. *Western Agricultural Economics Association Annual Meetings*. 2001. <https://ageconsearch.umn.edu/record/36184>