



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE VACAS
POSPARTO Y ABIERTAS EN UNA TEMPORADA REPRODUCTIVA
A INSEMINACIÓN ARTIFICIAL Y MONTA NATURAL**

T E S I S

**PARA EL OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

JOSÉ FRANCISCO MARTÍNEZ ALBARRÁN

ASESORES:

**MVZ PhD CARLOS SALVADOR GALINA HIDALGO
MVZ MPA PhD MANUEL DIONISIO CORRO MORALES**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

CONTENIDO

Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Hipótesis.....	10
3. Objetivos.....	10
3. Objetivos específicos.....	10
4. Material y métodos.....	11
5. Resultados.....	17
6. Discusión.....	24
7. Referencias.....	30

RESUMEN

MARTÍNEZ ALBARRÁN JOSÉ FRANCISCO. Evaluación del desempeño reproductivo de vacas posparto y abiertas en una temporada reproductiva a inseminación artificial y monta natural. Bajo la asesoría de MVZ PhD Carlos Salvador Galina Hidalgo y MVZ MPA PhD Manuel Dionisio Corro Morales.

En el sistema vaca-cría desarrollado en condiciones del trópico es común tener un porcentaje de hembras que al finalizar una temporada reproductiva estacional no se logró preñar. El objetivo de este estudio fue comparar el desempeño reproductivo de vacas Brahaman durante tres fases: 1) inseminación artificial a tiempo fijo, 2) inseminación artificial a celo detectado y 3) repaso con toro, en 90 días de temporada reproductiva estacional. Se evaluaron 128 vacas distribuidas en dos grupos: recién paridas – posparto (PP) n= 87 y abiertas del año anterior (AB) n= 41, donde las vacas vacías de cada fase pasaron a la siguiente. Los porcentajes de preñez fueron (PP = 58.62%; 51/87 y AB = 34.15%; 14/41) en la fase 1, (PP = 45.83 %; 11/24 y AB = 39.13%; 9/23) en la fase 2 y (PP = 40%; 10/25 y AB = 50%; 9/18) en la fase 3, únicamente existió diferencia significativa ($P < 0.05$) en el porcentaje de preñez en la fase 1. En conclusión, el porcentaje de preñez al finalizar la temporada reproductiva es similar entre los grupos por lo que el estudio de las hembras vacías requerirá mayor investigación.

1. INTRODUCCIÓN

El estado de Veracruz ocupa el primer lugar nacional en producción de terneros con el 14.9% (969,001 de cabezas) siendo el sistema vaca-cría, el modelo de producción que predomina en las regiones tropicales del país (Padrón Ganadero Nacional, 2019). El sistema vaca-cría se caracteriza por llevar un manejo nutricional en condiciones de pastoreo y su principal objetivo es obtener un ternero nacido y destetado por cada vientre por año; para lo cual, se debe contar con un programa reproductivo eficiente (Taylor, 2018).

Limitar la temporada reproductiva y acompañarla de mejoras en el manejo reproductivo, generalmente resulta en el incremento de la producción de terneros y de la eficiencia reproductiva (Deutscher et al., 1991). Ramsey et. al. (2005), utilizando datos productivos de Texas, Oklahoma y Nuevo México, compararon 394 unidades de producción de terneros que utilizaban temporadas reproductivas de 11 a 365 días. Este estudio demostró que al aumentar la duración de la temporada reproductiva se incrementan los costos y disminuye la producción.

La ventaja de implementar dichos programas reproductivos dentro de las unidades de producción bovina en el trópico es, planificar con base en la disponibilidad de forraje y las condiciones medioambientales, los meses en que ocurrirán los partos y en que dará inicio el siguiente programa reproductivo. En las regiones tropicales, es común que los empadres se realicen durante la primavera y el verano, con la finalidad de aprovechar que hay una mayor disponibilidad de forraje (Chenoweth, 1994). Bajo dicho esquema, los partos se presentarán el siguiente año durante la primavera, y previo al inicio de la temporada de lluvias;

favoreciendo así, una menor presentación de enfermedades parasitarias e infecciosas en los terneros (Larson et al. 2004).

En los sistemas vaca-cría es muy frecuente el uso de programas con monta natural que basan su éxito reproductivo en el uso de toros (para revisión ver Galina, et. al. 2007). Fordyce et al. (2002), mencionan algunas conductas de los toros: i) pastar con hembras, ii) rango de movimiento y iii) dominancia social, como factores que afectan directamente la cosecha de terneros. Galina y Arthur (1991) estimaron que el 85% de los terneros nacidos en el trópico mexicano son producto de programas de monta natural. Por otro lado, estudios conductuales reportan que los toros *Bos indicus* dedican una proporción mayor de su tiempo en la detección de hembras en celo en comparación con sus similares *Bos taurus*; lo cual a su vez limita el tiempo que éste invierte en copular (Orihuela et al., 1988). Así mismo, se ha reportado que comportamientos como: i) inspección genital, ii) cortejo y iii) protección de hembras, son actividades que ocupan un tiempo considerable y con ello el número de montas se ve disminuido (Chenoweth, 1983). No obstante, Galina y Arthur (1989), sugieren que los toros *Bos indicus* solo tienen acceso a pocas vacas en celo en un periodo dado y considerarlos lentos para concebir puede ser erróneo si los comparamos con toros *Bos taurus*.

El uso de programas de inseminación artificial basados en la detección de celos depende en su totalidad del conocimiento en los cambios conductuales y fisiológicos de las hembras durante el ciclo estral. No obstante, la variabilidad en la expresión del celo entre individuos y entre los ciclos estrales subsecuentes, pueden afectar negativamente la eficiencia reproductiva del programa (Landaeta-Hernández et al. 2002). Por otro lado, uno de los principales problemas que enfrenta dicho programa es la baja precisión y eficiencia; factores

que se ven directamente afectados tanto por la frecuencia y duración de la observación de celos como por la hora del día en la que se realizan (Orihuela, 2000). Así mismo, es importante considerar que el manejo, las condiciones climáticas, la nutrición, los factores genéticos, la edad y el estado fisiológico son factores que también pueden afectar la manifestación evidente de los signos de estro en los bovinos (Galina & Orihuela, 2007). Sin embargo, los principales obstáculos que enfrenta la implementación de dicho programa reproductivo dentro de los sistemas vaca-cría en las regiones tropicales del país, son: i) la eficiencia de la técnica de detección de celos, ii) las grandes extensiones de terreno, iii) muchos animales por lote y iv) los costos de mano de obra calificada (Bó et al., 2007). De tal manera que los programas reproductivos desarrollados en estas condiciones deben enfocarse en lograr la concepción de un mayor número de vientres al comenzar la temporada reproductiva. Por ejemplo, Baruselli et al., (2004) y Sá Filho et al., (2013), han demostrado que la incorporación de protocolos de sincronización con inseminación a tiempo fijo cumplen este objetivo y tienen la ventaja de que pueden utilizarse en vacas sin importar si se encuentran o no ciclando.

Sin importar el manejo reproductivo que se realice dentro de la unidad de producción, los vientres que queden gestantes al inicio del empadre tendrán más días de descanso entre el parto y la siguiente temporada reproductiva; mejorando así, la probabilidad de quedar preñadas nuevamente y evitar el descarte de vientres durante el programa reproductivo consecuente (Rhodes et al., 2003). No obstante, es común que un porcentaje de vacas no logren la gestación durante la temporada reproductiva (vacas abiertas); ante lo cual, se deberá tomar la decisión de retenerlas o descartarlas. La presencia de vacas abiertas en un hato puede deberse a diversos factores como: i) alteraciones biológicas, fisiológicas o anatómicas que

dificulten o impidan su reproducción y ii) manejo inadecuado de la nutrición durante el periodo posparto que resulta en una fertilidad reducida (Ibendahl et al., 2001). La baja fertilidad es considerada una de las principales causas de descarte en ganado bovino; por lo que la detección y eliminación oportuna de vacas abiertas, resultará en la reducción de los costos de alimentación del hato en épocas críticas como el invierno o las secas (Engelken, 2008). No obstante, retener vacas abiertas puede ser una decisión acertada cuando: i) los costos de alimentación son bajos, ii) la diferencia entre el precio de vacas descartadas y reemplazos con novillonas es alto, iii) el valor de la cosecha de terneros es bajo (Ibendahl et al., 2004).

La decisión del descarte debería considerar no solo el número de días abiertos sino también factores económicos propios del mercado (Bohling et al., 2012). Así mismo, la decisión de retener vacas abiertas también deberá considerar las alternativas de manejo reproductivo y para ello es indispensable conocer las características reproductivas propias del hato.

Con la finalidad de determinar si existen diferencias en el desempeño reproductivo que pudiese sugerir el descarte o retención de la vaca abierta; y con ello no afectar la economía de la unidad de producción y/o lograr la gestación en el siguiente periodo reproductivo. El objetivo de este proyecto de investigación fue evaluar la eficiencia reproductiva de vacas posparto y abiertas en un programa estacional comenzando con un primer servicio de IATF, seguido de un periodo de IA a celo detectado y concluyendo con un repaso con monta natural.

2. HIPÓTESIS

Las vacas abiertas del año anterior (AB) presentarán una mayor eficiencia reproductiva al compararlas con las vacas recién paridas – posparto (PP) en un programa estacional de 90 días comenzando con un primer servicio de IATF, seguido de un periodo de IA a celo detectado y concluyendo con un repaso con monta natural.

3. OBJETIVO

Evaluación de la eficiencia reproductiva de vacas abiertas del año anterior (AB) y recién paridas – posparto (PP) en un programa estacional de 90 días comenzando con un primer servicio de IATF, seguido de un periodo de IA a celo detectado y concluyendo con un repaso con monta natural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar los porcentajes de preñez obtenidos entre en vacas *Bos indicus* abiertas del año anterior (AB) y recién paridas – posparto (PP).
2. Relacionar el porcentaje de preñez obtenido en vacas *Bos indicus* abiertas del año anterior (AB) y recién paridas – posparto (PP) con las características edad, número de partos, condición corporal, presencia de cuerpo lúteo y días a primer servicio o días a entrada del toro.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante la primavera – verano (Junio a Agosto del 2018) en 90 días de temporada reproductiva en el Módulo de Producción de Vaquillas F1 del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, CEIEGT, propiedad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Localizado en Tlapacoyan, Veracruz, México a 20°4'N y 97°3'O. El clima es cálido-húmedo con ausencia de una época de sequía definida. La precipitación pluvial anual promedio es de 1840 mm³ y la temperatura promedio varía en un rango de 14 a 35°C.

4. 1 Declaración ética

El comité interno para el cuidado de los animales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México aprobó los métodos utilizados en el presente trabajo acorde con el Código Internacional de Ética Médica de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki).

4. 2 Animales

Se utilizaron 128 vacas *Bos indicus* clínicamente sanas y previamente diagnosticadas como vacías mediante ultrasonografía (ver secc. 4. 9). Las vacas fueron clasificadas en dos grupos, vacas posparto (PP) aquellas con 35-90 días abiertos (n=87) y vacas abiertas (AB) con >90 días abiertos (n=41). El promedio de edad, número de partos y días abiertos se muestra en el Cuadro 1. Todos los animales se mantuvieron bajo un sistema de pastoreo rotacional en pasturas conformadas por una asociación de *Cynodon niemfuensis* (pasto estrella), *Paspalum*

spp. y *Axonopus* spp y fueron complementadas con concentrado comercial (12% PC), sales minerales y agua *ad libitum*. Para la tercera fase (ver secc 4. 3), se introdujo a un toro Brahman de 6 años y con un peso de 750 kg. El toro se mantuvo separado de las vacas, bajo un sistema nutricional de pastoreo y complementado con concentrado comercial (12% PC), sales minerales y agua *ad libitum*. La capacidad reproductiva del toro fue corroborada a través de una evaluación espermática de campo según Chacón, (2001) donde se clasificó como óptimo.

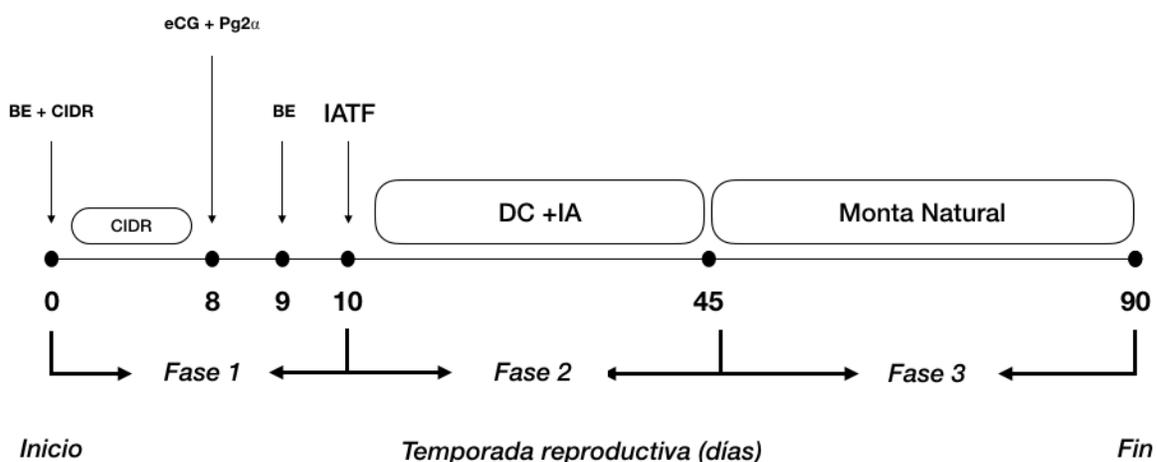


Figura 1. Calendario de la temporada reproductiva aplicada para vacas posparto y abiertas. Dispositivo intravaginal (CIDR), Benzoato de estradiol (EB), Gonadotropina coriónica equina (eCG), Prostaglandina (Pg2 α), Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), Detección de celo (DC) e Inseminación artificial (AI).

4. 3 Diseño experimental.

El estudio se dividió en tres fases correspondientes a un manejo reproductivo: i) Sincronización con inseminación artificial a tiempo fijo - primer servicio (Día 0-10), ii) Detección de celos e inseminación artificial - segundo servicio (Día 11-45) y iii) Monta

natural (Día 46-90) (Figura 1). En la primera fase todos los animales (n=128) fueron sujetos a un programa de sincronización con inseminación artificial a tiempo fijo (D10) (ver secc. 4. 4). Las vacas que mostraron retorno al estro (D11-45) fueron inseminadas durante la segunda fase. Finalmente, la tercera fase se conformó por aquellas vacas que fueron diagnosticadas como vacías en las etapas previas; con las cuales se introdujo el toro, y permanecieron juntos desde el día 46 hasta el día 90.

Al inicio de la fase 1 se evaluó en todos los animales experimentales la condición corporal (ver secc. 4. 7) y la presencia de cuerpo lúteo (ver secc. 4. 6. 1). En la fase 3, antes de que el toro entrara con las vacas, se evaluó la condición corporal, la presencia de cuerpo lúteo, la grasa dorsal (ver secc. 4. 8) y la progesterona sérica (ver secc. 4. 6. 2). El diagnóstico temprano de gestación se realizó mediante ultrasonografía transrectal (ver secc. 4. 9), 35 post-inseminación para la fase 1, 30 días después de la última inseminación en la fase 2 y cada 7 días a partir del día 75 en la fase 3 con la finalidad de diferenciar el porcentaje de preñez entre las fases.

4. 4 Sincronización con inseminación a tiempo fijo

El protocolo de sincronización consistió en la inserción de un dispositivo intravaginal con 1.9 g de progesterona (CIDR 1900 α Cattle Insert, Zoetis, México) y administración de 2 mg IM (intramuscular) de benzoato de estradiol (Benzoato de Estradiol Zoetis, Zoetis, México) por vía IM al día 0. Al día 8 se retiró el dispositivo intravaginal y se administró 400 UI IM de gonadotropina coriónica equina (Novormon 5000, Zoetis, México) y 25 mg im de dinoprost trometamina (Lutalyse, Zoetis, México). Al día 9 se administró 1 mg de benzoato

de estradiol (Benzoato de Estradiol Zoetis, Zoetis, México). La inseminación artificial se realizó a tiempo fijo 56 ± 2 h después de que el dispositivo intravaginal fue removido.

4. 5 Detección de celos e inseminación artificial

Las vacas fueron observadas continuamente en dos momentos del día por un periodo de 2 horas (06:00 a 08:00 a.m. y 16:00 a 18:00 p.m.). Los signos de estro que se usaron se clasificaron como: a) signos evidentes: comportamientos sexuales (permite la monta e intenta montar) y cortejo incluyendo flehmen, olfateo, persecución, lengüetear y reposar la cabeza en la grupa de otra vaca; b) palpación transrectal: masaje gentil del útero através del recto para observar la presencia de descarga de moco o congestión en la vulva; finalmente se usaron parches detectores de celos ESTROTECT (Rockway Inc., Spring Valley, WI, USA) para identificar a los animales que permitan la monta, de acuerdo a las especificaciones de la compañía. Las vacas fueron detectadas al mostrar signos evidentes de celo y palpación transrectal, o al ser evidente la pintura de los parches. La prueba dorada fue la observación de signos evidentes de celo. La inseminación artificial se realizó a través del sistema AM-PM.

4. 6 Presencia de cuerpo lúteo

4. 6. 1 Cuerpo lúteo

Se observó mediante exploración ecográfica transrectal la presencia en los ovarios de un cuerpo lúteo (CL) usando un dispositivo ultrasónico (Aloka SSD 500, Tokyo, Japan) con un transductor lineal de 7 MHz de frecuencia.

4. 6. 2 Progesterona sérica

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante punción de vena coccígea y se midió niveles de progesterona plasmática (P4) del suero utilizando kits de ELISA (DRG® Progesterone ELISA, Alemania) con una sensibilidad de 0.35 ng/mL y coeficiente de variación intra e interensayo de 0.54 – 5.59%. Como un indicador de la presencia de cuerpo lúteo se consideraron niveles de P4 superiores a 1ng mL en el suero (González et al., 1975).

Se asignó valores de 1 y 2 (1: no presentan cuerpo lúteo; 2: presentan cuerpo lúteo).

4. 7 Condición corporal

La condición corporal se evaluó utilizando puntuaciones en una escala del 1 al 9 (1 = emaciado, 9 = obeso; Nicholson & Butterworth, 1985).

4. 8 Grasa dorsal

El espesor de la grasa dorsal expresado en centímetros, se midió en la región glútea en un punto medio entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática, 2-3 cm por encima de la región trocantérica (Schröder et al., 2006), utilizando un dispositivo ultrasónico (Aloka SSD 500, Tokyo, Japan) con un transductor convexo de 3.5 MHz de frecuencia.

4. 9 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó mediante la exploración ecográfica transrectal usando un dispositivo ultrasónico (Aloka SSD 500, Tokyo, Japan) con un transductor lineal de 7 MHz de frecuencia. La preñez se confirmó por la presencia de vesícula amniótica, masa embrionaria y latido cardíaco. Se asignaron valores de 1 y 2 (1: Vacía; 2: Gestante).

4. 10 Análisis estadístico

El porcentaje de preñez en cada fase se calculó como las hembras gestantes entre las hembras que estuvieron a riesgo. El porcentaje de detección de celos se calculó como las vacas observadas en celo entre las vacas vacías durante en la fase 1. En las fases 1 y 3, se realizó una prueba múltiple de T para las variables edad, número de partos, condición corporal, actividad ovárica, días a primer servicio y días a la entrada del toro y preñez entre los grupos PP y AB, entre las vacas gestantes de ambos grupos y entre las vacas gestantes y vacías de cada grupo. Adicionalmente, se realizó una prueba de correlación de coeficientes de Spearman entre edad, número de partos, condición corporal, presencia de cuerpo lúteo, días a primer servicio o días a la entrada del toro y preñez dentro del grupo PP y AB. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software GraphPad Prism 8 considerando valores de $P < 0.05$ estadísticamente significativos.

5. RESULTADOS

En la fase 1, el porcentaje de gestación a primer servicio fue de 50.78 % y presentó diferencia ($P=0.0093$) entre los grupos (PP = 58.62; 51/87 y AB = 34.15; 14/41). Con excepción de la edad, todas las características, número de partos, condición corporal, presencia de cuerpo lúteo y días a primer servicio entre grupos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$; Cuadro 1).

Cuadro 1. Características reproductivas entre vacas de los grupos PP y AB al inicio de la fase 1.

Características	Vacas post-parto (PP) (Media \pm EE)	Vacas abiertas (AB) (Media \pm EE)
Edad	7.78 \pm 0.36 ^a	7.19 \pm 0.73 ^a
Número de partos	3.98 \pm 0.23 ^a	2.73 \pm 0.43 ^b
Condición corporal	3.59 \pm 0.12 ^a	5.39 \pm 0.17 ^b
Presencia de cuerpo lúteo	1.44 \pm 0.05 ^a	1.85 \pm 0.05 ^b
Días a primer servicio	72.33 \pm 1.54 ^a	498.8 \pm 28.83 ^b

*Literales diferentes entre filas representan diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$). Número de partos (NP); Condición corporal (CC); Actividad ovárica (AOV); Días abiertos (DA). La AOV fue clasificada como 1: no ciclando y 2:ciclando.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la edad y el número de partos de las vacas gestantes de ambos grupos ($P>0.05$); no obstante, se observó diferencia entre el número de días a primer servicio, condición corporal y presencia de cuerpo lúteo ($P<0.05$; Cuadro 2).

Cuadro 2. Características reproductivas entre vacas gestantes de los grupos PP y AB durante la fase 1.

Características	Vacas gestantes PP (Media ± EE)	Vacas gestantes AB (Media ± EE)
Edad	7.11 ± 0.38 ^a	6.57 ± 1.23 ^a
Número de partos	3.92 ± 0.30 ^a	2.64 ± 0.73 ^a
Condición corporal	3.47 ± 0.14 ^a	5.35 ± 0.35 ^b
Presencia de cuerpo lúteo	1.37 ± 0.06 ^a	1.93 ± 0.07 ^b
Días a primer servicio	74.98 ± 1.87 ^a	431.6 ± 40.29 ^b

*Literales diferentes entre filas representan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05). Número de partos (NP); Condición corporal (CC); Actividad ovárica (AOV); Días abiertos (DA). La AOV fue clasificada como 1: no ciclando y 2:ciclando.

Por otro lado, se observó que las vacas PP que quedaron vacías presentaban un menor número de días a primer servicio (68.58 ± 15.17 d) que las vacas que quedaron gestantes dentro del mismo grupo (74.98 ± 13.37 d) (Media±EE; P<0.001). El grupo de vacas PP mostró una correlación positiva débil entre la condición corporal y la presencia de cuerpo lúteo (r: 0.31, CI 95%, P=0.004); así como una correlación negativa débil entre los días a primer servicio con la presencia de cuerpo lúteo y positiva con la gestación (r: -0.23, IC 95%, P= 0.030 y r: 0.22, IC 95%, P=0.044), respectivamente (Figura 2). Por el contrario, las vacas tanto gestantes como vacías pertenecientes al grupo AB, no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ninguna de las características tanto productivas como reproductivas (P>0.05).

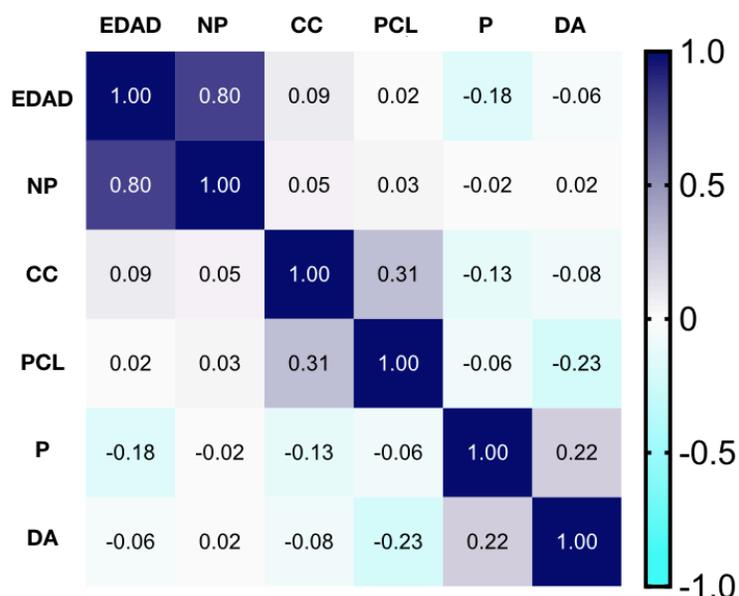


Figure 2. Correlación entre las características de las vacas posparto en la fase 1. Número de partos (NP), Condición Corporal (CC), Presencia de Cuerpo Lúteo (PCL), Preñez (P) y Días Abiertos (DA).

Durante la fase 2, el porcentaje de detección de celo fue de 74.60% con una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los grupos (PP = 66.66%; 24/36 y AB = 85.18%; 23/27) y el porcentaje de gestación a segundo servicio fue de 42.55 % y no existió diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los grupos (PP = 45.83 %; 11/24 y AB = 39.13%; 9/23) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de los porcentajes de gestación y detección de celos para los grupos PP y AB durante la fase 2.

	N	Detectados	No detectados	%DC	n	Gestante	No gestante	%Preñez
Vacas posparto (PP)	36	24	12	66.66	24	11	13	45.83
Vacas abiertas (AB)	27	23	4	85.18	23	9	14	39.13

*Literales diferentes entre filas representan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Número de partos (NP); Condición corporal (CC); Actividad ovárica (AOV); Días abiertos (DA). La AOV fue clasificada como 1: no ciclando y 2:ciclando.

Para la fase 3, el número de vacas se redujo considerablemente (n=43); la reagrupación de dichas vacas se realizó respetando la asignación previamente establecida en la fase 1, como: grupo PP (n=25) y grupo AB (n=18). El porcentaje de preñez en la fase 3 fue de 44.19 % y no presentó diferencia ($P>0.05$) entre los grupos (PP = 40.00; 10/25 y AB = 50.00; 9/18). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la edad, el número de partos y la presencia de cuerpo lúteo de las vacas de ambos grupos ($P>0.05$). No obstante, el análisis mostró que las vacas pertenecientes al grupo AB presentaban una mayor condición corporal, número de días a la entrada del toro y espesor de la grasa dorsal (GD) que las vacas del grupo PP ($P<0.05$; Cuadro 4).

Cuadro 4. Características reproductivas entre vacas de los grupos PP y AB al inicio de la fase 3.

Características	Vacas posparto (PP) (Media \pm EE)	Vacas abiertas (AB) (Media \pm EE)
Edad	8.12 \pm 0.76 ^a	8.44 \pm 1.19 ^a
Número de partos	3.48 \pm 0.38 ^a	3.16 \pm 0.68 ^a
Condición corporal	3.88 \pm 0.37 ^a	7.41 \pm 0.20 ^b
Grasa dorsal	0.63 \pm 0.05 ^a	1.12 \pm 0.09 ^b
Presencia de cuerpo lúteo	1.84 \pm 0.07 ^a	1.94 \pm 0.05 ^a
Días a la entrada del toro	122.70 \pm 8.70 ^a	642.2 \pm 48.42 ^b

*Literales diferentes entre filas representan diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$). Número de partos (NP); Condición corporal (CC); Grasa dorsal (GD); Actividad ovárica (AOV); Días abiertos (DA). La AOV fue clasificada como 1: no ciclando y 2:ciclando.

Al comparar las vacas gestantes entre los grupos PP y AB, se observó que las vacas gestantes del grupo AB presentaban una mayor condición corporal, grasa dorsal y días a la entrada del toro que las vacas PP ($P<0.05$) (Cuadro 5). Por otro lado, las vacas PP que quedaron vacías presentaban un menor número de días a la entrada del toro (110.2 ± 11.89 d) que las vacas que quedaron gestantes dentro del mismo grupo (141.5 ± 10.48 d) (Media \pm EE; $P<0.05$). No

se encontraron diferencias estadísticamente significativas en alguna de las características entre las vacas gestantes y vacías del grupo AB. ($P>0.05$).

Cuadro 5. Características productivas y reproductivas entre vacas gestantes de los grupos PP y AB durante la fase 3.

Características	Gestantes PP (Media \pm EE)	Gestantes AB (Media \pm EE)
Edad	7.10 \pm 1.05 ^a	7.56 \pm 1.77 ^a
Número de partos	3.00 \pm 0.52 ^a	2.89 \pm 1.02 ^a
Condición corporal	4.25 \pm 0.66 ^a	7.50 \pm 0.19 ^b
Grasa dorsal	0.65 \pm 0.08 ^a	1.11 \pm 0.15 ^b
Presencia de cuerpo lúteo	1.90 \pm 0.10 ^a	2.00 \pm 0.000 ^a
Días a la entrada de toro	141.5 \pm 10.48 ^a	590.1 \pm 72.44 ^b

*Literales diferentes entre filas representan diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$). Número de partos (NP); Condición corporal (CC); Grasa dorsal (GD); Actividad ovárica (AOV); Días abiertos (DA). La AOV fue clasificada como 1: no ciclando y 2:ciclando.

En el grupo de las vacas PP para la fase 3, se observó que presentaban una correlación positiva moderada entre la condición corporal y la presencia de cuerpo lúteo ($r: 0.46$, IC 95%, $P=0.019$), y entre la condición corporal y la grasa dorsal ($r: 0.58$, IC 95%, $P=0.002$) (Figura 3). Mientras que, dentro del grupo AB se observó una correlación positiva moderada entre la condición corporal y la grasa dorsal de las vacas pertenecientes al grupo AB ($r: 0.56$, IC 95%, $P=0.015$) (Figura 4).

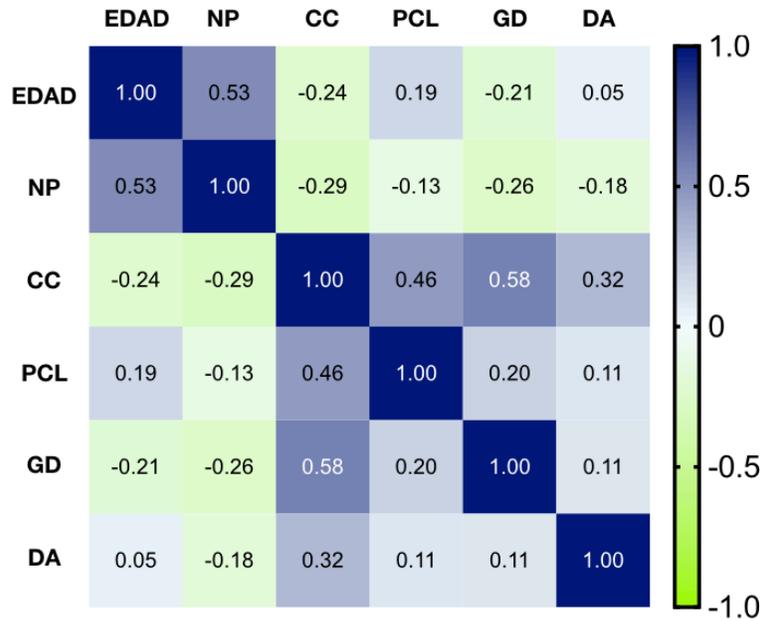


Figure 3. Correlación entre las características de las vacas posparto en la fase 3. Número de partos (NP), Condición Corporal (CC), Presencia de Cuerpo Lúteo (PCL), Preñez (P) y Días Abiertos (DA).

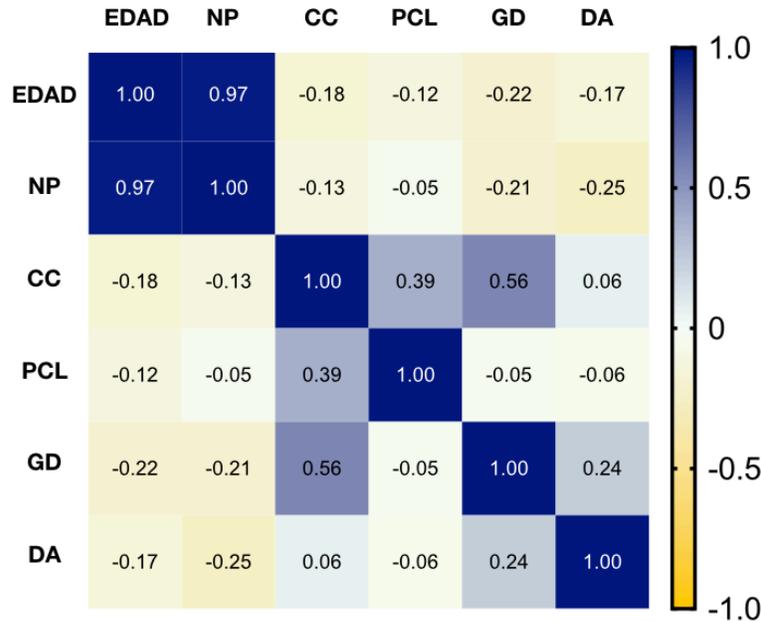


Figure 4. Correlación entre las características de las vacas abiertas en la fase 3. Número de partos (NP), Condición Corporal (CC), Presencia de Cuerpo Lúteo (PCL), Preñez (P) y Días Abiertos (DA).

No existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre las curvas de supervivencia para los grupos PP y AB en la proporción de vacas vacías al término de la temporada reproductiva a 90 días (Figura 5).

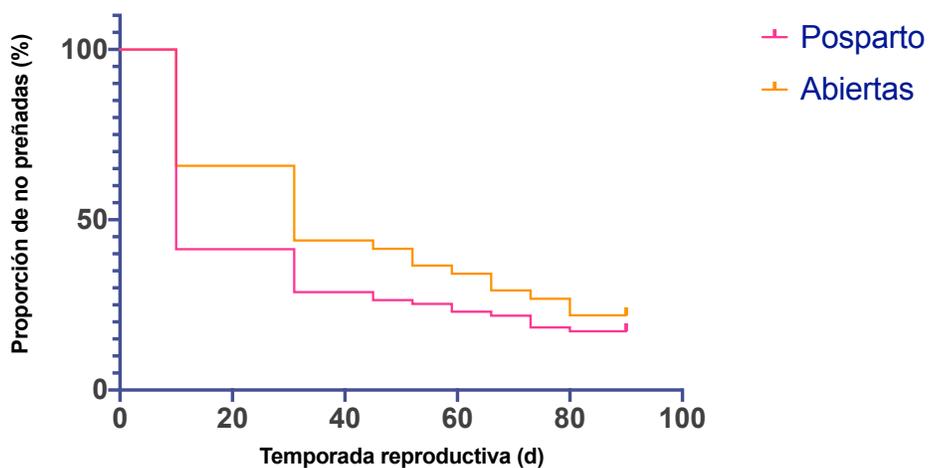


Figura 5. Curvas de supervivencia de los grupos PP y AB en 90 días de temporada reproductiva.

6. DISCUSIÓN

En el presente estudio el porcentaje de preñez al terminar la temporada reproductiva contemplando ambos grupos fue de 81.2%, similar al presentado por Sá Filho, et al. 2013 y Rodrigues et al. 2019, 91.9% y 86.3% respectivamente, en los cuales, utilizando un protocolo de sincronización con inseminación artificial a tiempo fijo, seguido de un periodo de detección de celos y posteriormente un repaso con toros, no demuestran diferencias en el porcentaje de preñez cuando se compara con otras alternativas de manejo reproductivo como: i) IATF+MN, ii) IATF+Resincronización, iii) MN y iv) DC; pero si cuando se compara entre estos la rapidez con que las vacas quedan preñadas durante la temporada reproductiva.

En la fase 1, el porcentaje de preñez del hato a primer servicio (IATF) fue de 50.78%. Este porcentaje se contrasta con lo mostrado por Ayres et al., 2008 y Sales et al., 2012, donde ellos en hembras con 60-90 días posparto usando un protocolo de sincronización e IATF similar a este estudio, reportan porcentajes de preñez ligeramente superior de 63.2% y 57.5%, respectivamente. Sin embargo, para el presente trabajo, en adición a las vacas posparto se incluyó un grupo de vacas con más de 365 días abiertos. En efecto, las vacas del grupo PP obtuvieron el 58.6%, porcentaje de preñez muy similar a los autores mencionados anteriormente.

Las características: número de partos, condición corporal, presencia de cuerpo lúteo y días a primer servicio medidas al inicio de la fase 1, fueron diferentes entre los grupos PP y AB. Esta situación se repite al comparar las vacas gestantes de ambos grupos. Por lo tanto, es muy probable que las vacas abiertas ganen más peso después del final del período reproductivo

estacional, cuando se les compara con las vacas gestantes (Ibendahl et al., 2001). En el grupo PP las variables condición corporal y días a primer servicio impactaron directamente la presencia de cuerpo lúteo y la gestación, respectivamente. Adicionalmente, las hembras gestantes del grupo PP presentaban un número mayor de días a primer servicio cuando se comparaba contra las hembras posparto que no quedaron gestantes durante la primera etapa. Esto concuerda con lo presentado por Stevenson et al., 2003, donde observan que con un incremento de ≤ 3.5 a ≥ 6.0 (1 = delgada a 9 = obesa), el porcentaje de vacas ciclando incrementa de $18 \pm 2\%$ por cada unidad de condición corporal que aumenta y la actividad cíclica de un 9% a los ≤ 30 días posparto con un pico de 70% al día 81 a 90 posparto, mostrando que por cada 10 días entre 30 y 90 días posparto la actividad cíclica incrementa. Situación que no se presentó en las vacas del grupo AB pues ninguna de las características evaluadas compartían una relación.

Durante la fase 2, se detectó 74.6% de los celos manifestados por las hembras vacías al primer servicio. Llewelyn et al. (1987), encontró en su hato que sólo el 27 % de las hembras *Bos indicus* son detectadas en celo por comportamiento de monta. Sin embargo, Orihuela et al. (1983), lograron detectar el 65% de hembras en celo después del tratamiento con prostaglandinas y Diaz, et al. (2002), observan el 50 y 90% de los celos presentados después del retiro de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona sin estradiol y con estradiol, respectivamente. En estudios más recientes, Larson et al. 2009, Sá Filho et al, 2013 y Rodrigues et al., 2019 utilizando un programa de detección de celos posterior a un primer servicio con inseminación artificial a tiempo fijo se registraron porcentajes de detección de celos del 42%, 25.4% y 40%, respectivamente. Todos estos resultados muestran la dificultad que se presenta para detectar celos en animales explotados en condiciones tropicales (Galina

& Orihuela, 2007). La detección de celos fue de 66.6% y 85.2 % en los grupos PP y AB, respectivamente. Esta variación, posiblemente sea debida a que había una proporción mayor de las vacas del grupo AB se encontraban ciclando. El porcentaje de preñez de 42.5% en la fase 2, fue similar a lo encontrado por Domatob et al. 1997 y Cavestany et al. 2002, donde reportan el 36 y 45.5%, respectivamente. A pesar de que un mayor número de hembras del grupo AB se detectó en celo, el porcentaje de preñez de estas no mostró diferencia al compararlo con el grupo PP. Esta discrepancia podría deberse a errores en la detección de celos en concordancia con los obtenidos por diversos autores (Senger, et al 1994, Peralta, et al. 2005, Palmer, et al. 2010 y Diskin y Kenny, 2016) donde se relaciona la baja eficiencia reproductiva, con errores en la técnica de detección de celos. Sin embargo, no se puede descartar que las hembras abiertas tengan problemas de fertilidad a pesar de estar ciclando.

Existen reportes que indican que en el trópico solo el 50 % del ganado parirá una vez al año usando programas reproductivos utilizando la monta natural (Von y Otchere, 1989 y Silva-Mena, et al. 2000). Durante la fase 3, el porcentaje de preñez con monta natural fue del 44.19%, similar a estudios anteriores realizados por Molina, et al. (2000, 2002 y 2003). El porcentaje de preñez se encontró dentro de un rango de 30 a 60% usando programas de monta natural por periodos de 6 semanas. En estudios más recientes, Washaya, et al. (2019), obtienen un 56.79% de preñez utilizando un periodo de tres meses con monta natural. Esto nos indica que a pesar de las diferencias en el manejo, el comportamiento de los toros puede ser una limitante para alcanzar mayores porcentajes de preñez en periodos reducidos de monta natural (Petherick, 2005). Sin embargo, un factor adicional que puede afectar los porcentajes de preñez en este estudio es el hecho del ingreso del toro con las vacas que no se preñaron con inseminación artificial en las etapas anteriores. Por ende, se puede considerar

que el toro se vio expuesto a hembras que a pesar de estar ciclando en su mayoría no quedo gestante la mitad de ellas. En diversos estudios realizados en vacas recién paridas, se ha observado que el 20% no ciclan aún después de 100 días posparto (Pérez-Torres, et al. 2015; Mondragón, et al. 2016 y Díaz, et al. 2018). Es muy probable que las hembras no gestantes pertenecientes al grupo PP al final del estudio sean consecuencia del retardo en el inicio de la actividad ovárica. Con estos resultados, el uso del repaso no parece hacer una gran diferencia con el uso continuo de inseminación artificial a celo detectado posterior al uso de inseminación artificial a tiempo durante la temporada reproductiva.

Al inicio de la fase 3, no existió diferencia la proporción de animales con presencia de cuerpo lúteo y porcentaje de preñez para las vacas de ambos grupos. En días a la entrada del toro, condición corporal y grosor de grasa dorsal se encontraron diferencias entre los grupos. Sin embargo, al comparar a las vacas gestantes de ambos grupos, la condición corporal y grasa dorsal en el grupo AB fue mayor que sus similares del grupo PP. Esta situación se presentó al evaluar estas características en la fase 1 y es interesante observar que aún después de transcurridos 45 días de la primera evaluación de condición corporal, las hembras del grupo PP aún no igualan a sus similares del grupo AB. Esto debido a que las vacas hembras posparto son conducidas a un desequilibrio energético donde los requerimientos nutricionales sobrepasan a los obtenidos a partir del consumo de forraje, a consecuencia movilizan sus reservas de grasa (Gross, et al. 2011). En el grupo PP se observó una relación entre la condición corporal con la presencia de cuerpo lúteo, así como con la grasa dorsal y en el grupo AB solo se encontró relación entre la condición corporal y la grasa dorsal. Ayres et al. (2009) en su estudio, relacionaron la grasa dorsal con la condición corporal y mencionan que ambas representan una importante fuente de información sobre el estado nutricional de las

vacas. Sin embargo, Galindo et al. (2013), demuestran que la medición de la grasa dorsal es un indicador más confiable del estado nutricional por ser una medida objetiva cuando se compara con otros indicadores como la condición corporal. Estas discrepancias pueden ser debidas a que la CC es una medida subjetiva que variará de acuerdo a la experiencia del evaluador, en el caso del presente trabajo no se encontraron diferencias entre CC y GB. Por lo tanto, al comparar estas características y demostrar diferencias entre los grupos, no se puede atribuir el establecimiento de la gestación al estado nutricional en el que se encontraban ya que en ambos grupos existió un porcentaje de preñez similar de vacas gestantes.

En conclusión, la fertilidad presentada en cada etapa debe tomarse con cautela puesto que cada manejo reproductivo puede verse afectado por el tiempo, situación subsanable con el uso de un cuadrado latino en donde cada manejo reproductivo ocupe un lugar distinto con respecto al tiempo y se evalúe cada uno en las mismas condiciones. No obstante, este estudio se realizó en una sola vía para cumplir el propósito de emular las condiciones de manejo reproductivo en que se realiza la ganadería comercial en el trópico. Sin embargo, aún después de un programa reproductivo de 90 días, el 17% de las vacas posparto y el 22% de las vacas abiertas no quedaron gestantes. Esta constante de vacas vacías al final de un empadre (Pessoa et al., 2018, Ferreira et al., 2018 y Baruselli et al., 2018) es un tema que merece mayor investigación.

Por lo tanto, el no preñarse durante una temporada reproductiva no garantiza que puedan o no quedar gestantes el siguiente año. A lo largo de este estudio se pudo observar que es un hecho que las vacas abiertas por periodos mayores a un año, presentan mejor estado

nutricional y es más probable que se encuentren ciclando, por lo que la idea de mantenerlas en la próxima temporada reproductiva es atractiva. El factor económico juega un papel fundamental para tomar esta decisión, ya que cada día que una vaca pase abierta representa un costo que debe solventarse con el éxito reproductivo de esta en la siguiente temporada reproductiva. Por lo que la factibilidad económica de mantener una vaca abierta como reproductora para el programa reproductivo del siguiente año es altamente cuestionable.

7. REFERENCIAS

1. Padrón Ganadero Nacional (2019) Estadística Padrón Ganadero Nacional Bovinos. [En línea]. Disponible en <http://www.pgn.org.mx/_documents/EstadisticaPGNBovinos.pdf> [7 de Noviembre de 2019]
2. Taylor, R. E. *Beef production and management decisions*. (sexta edición). Nebraska, Estados Unidos: Pearson (2018)
3. Deutscher, G. H., Stotts, J. A., & Nielsen, M. K. (1991). Effects of breeding season length and calving season on range beef cow productivity. *Journal of animal science*, 69(9), 3453-3460.
4. Ramsey, R., Doye, D., Ward, C., McGrann, J., Falconer, L., & Bevers, S. (2005). Factors affecting beef cow-herd costs, production, and profits. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 37(1), 91-99.
5. Chenoweth, P. J. (1994). Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Veterinary Journal*, 71(12), 422-426.
6. Larson, R. L., Tyler, J. W., Schultz, L. G., Tessman, R. K., & Hostetler, D. E. (2004). Management strategies to decrease calf death losses in beef herds. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 224(1), 42-48.
7. Galina, C. S., Horn, M. M., & Molina, R. (2007). Reproductive behaviour in bulls raised under tropical and subtropical conditions. *Hormones and behavior*, 52(1), 26-31.

8. Fordyce, G., Fitzpatrick, L. A., Cooper, N. J., Doogan, V. J., De Faveri, J., & Holroyd, R. G. (2002). Bull selection and use in northern Australia: 5. Social behaviour and management. *Animal reproduction science*, 71(1-2), 81-99.
9. Galina, C. S., & Arthur, G. H. (1991). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 6. The male. *Animal Breeding Abstracts*.
10. Orihuela, A., Galina, C. S., & Duchateau, A. (1988). Behavioral patterns of Zebu bulls towards cows previously synchronized with prostaglandin F2 α . *Applied Animal Behaviour Science*, 21(3), 267-276.
11. Chenoweth, P. J. (1983). Sexual behavior of the bull: a review. *Journal of Dairy Science*, 66(1), 173-179.
12. Galina, C. S., & Arthur, G. H. (1989). Review of cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and calving intervals. *Animal Breeding Abstracts* (Vol. 57, pp. 679-686).
13. Landaeta-Hernández, A. J., Yelich, J. V., Lemaster, J. W., Fields, M. J., Tran, T., Chase Jr, C. C., Rae, D. O., & Chenoweth, P. J. (2002). Environmental, genetic and social factors affecting the expression of estrus in beef cows. *Theriogenology*, 57(4), 1357-1370.
14. Orihuela, A. (2000). Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 70(1), 1-16.
15. Galina, C. S., & Orihuela, A. (2007). The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Hormones and Behavior*, 52(1), 32-38.
16. Bo, G. A., Cutaia, L., Peres, L. C., Pincinato, D., Maraña, D., & Baruselli, P. S. (2007). Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on

- reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Society of Reproduction and Fertility supplement*, 64, 223.
17. 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 anestrous beef cattle in tropical climates. *Animal Reproduction Science*, 82, 479-486.
 18. Sá Filho, M. F., Penteadó, L., Reis, E. L., Reis, T. A., Galvão, K. N., & Baruselli, P. S. (2013). Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology*, 79(4), 625-632.
 19. Rhodes, F. M., McDougall, S., Burke, C. R., Verkerk, G. A., & Macmillan, K. L. (2003). Invited review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *Journal of dairy science*, 86(6), 1876-1894.
 20. Ibendahl, G. A., & Anderson, J. D. (2001). *Open cow replacement decisions: An application of asset replacement theory*.
 21. Engelken, T. J. (2008). Developing replacement beef heifers. *Theriogenology*, 70(3), 569-572.
 22. Ibendahl, G. A., Anderson, J. D., & Anderson, L. H. (2004). Deciding when to replace an open beef cow. *Agricultural Finance Review*, 64(1), 61-74.
 23. Bohling, T., Mark, D. R., Rasby, R., & Smith, D. R. (2012). Economic Analysis of Keeping a Nonpregnant Cow.
 24. Chacon, J. (2001). Assessment of sperm morphology in zebu bulls, under field conditions in the tropics. *Reproduction in domestic animals*, 36(2), 91-99.
 25. Nicholson, M. J., & Butterworth, M. H. (1985). Cattle condition scoring manual.

26. Schröder, U. J., & Staufenbiel, R. (2006). Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 1-14.
27. Rodrigues, W. B., do Prado Jara, J., Borges, J. C., de Oliveira, L. O. F., de Abreu, U. P. G., Anache, N. A., da Silva, K., C., Bezerra, A. O., Cardoso. C. J. T. & Nogueira, E. (2019). Efficiency of mating, artificial insemination or resynchronisation at different times after first timed artificial insemination in postpartum Nelore cows to produce crossbred calves. *Animal Production Science*, 59(2), 225-231.
28. Ayres, H., Martins, C. M., Ferreira, R. M., Mello, J. E., Dominguez, J. H., Souza, A. H., Valentin, R., Santos, I. C. C. & Baruselli, P. S. (2008). Effect of timing of estradiol benzoate administration upon synchronization of ovulation in suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with a progesterone-releasing intravaginal device. *Animal reproduction science*, 109(1-4), 77-87.
29. 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(3), 510-516.
30. Stevenson, J. S., Johnson, S. K., & Milliken, G. A. (2003). Incidence of postpartum anestrus in suckled beef cattle: treatments to induce estrus, ovulation, and conception. *The Professional Animal Scientist*, 19(2), 124-134.
31. Llewelyn, C. A., Munro, C. D., Luckins, A. G., Jordt, T., Murray, M., & Lorenzini, E. (1987). Behavioural and ovarian changes during the oestrous cycle in the Boran (*Bos indicus*). *British Veterinary Journal*, 143(1), 75-82.

32. Orihuela, A., Galina, C., Escobar, J., & Riquelme, E. (1983). Estrous behavior following prostaglandin F_{2α} injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology*, *19*(6), 795-809.
33. Díaz, G. S., Galina, C. S., Basurto, C. H., & Ochoa, G. P. (2002). Efecto de la progesterona natural con o sin la adición de benzoato de estradiol sobre la presentación de celo, ovulación y gestación en animales tipo *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Archivos de medicina veterinaria*, *34*(2), 283-286.
34. Larson, D., Musgrave, J. A., & Funston, R. N. (2009). Effect of estrus synchronization with a single injection of prostaglandin during natural service mating.
35. Domatob, F. N., Favero, R. J., Ireland, F. A., Faulkner, D. B., & Kesler, D. J. (1997). Methods of identifying and inseminating nonpregnant beef females after synchronization of second estrus with norgestomet implants. *Theriogenology*, *47*(5), 1077-1086.
36. Cavestany, D., Negrin, N., Negrin, R., & Groth, J. F. (2002). Response of beef heifers and non-suckling beef cows to different oestrous synchronization protocols. *Animal Science*, *74*(3), 547-552.
37. Senger, P. L. (1994). The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *Journal of dairy science*, *77*(9), 2745-2753.
38. Peralta, O. A., Pearson, R. E., & Nebel, R. L. (2005). Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal reproduction science*, *87*(1-2), 59-72.

39. Palmer, M. A., Olmos, G., Boyle, L. A., & Mee, J. F. (2010). Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein–Friesian cows. *Theriogenology*, *74*(2), 255-264.
40. Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2016). Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology*, *86*(1), 379-387.
41. Voh Jr, A. A., & Otchere, E. O. (1989). Reproductive performance of zebu cattle under traditional agropastoral management in Northern Nigeria. *Animal Reproduction Science*, *19*(3-4), 191-203.
42. Silva-Mena, C., Ake-Lopez, R., & Delgado-Leon, R. (2000). Sexual behavior and pregnancy rate of Bos indicus bulls. *Theriogenology*, *53*(4), 991-1002.
43. Molina, R., Bolaños, I., Galina, C. S., Perez, E., Paniagua, G., & Estrada, S. (2000). Sexual behaviour of Zebu bulls in the humid tropics of Costa Rica: single versus multiple-sire groups. *Animal reproduction science*, *64*(3-4), 139-148.
44. Molina, R., Galina, C. S., Camacho, J., Maquivar, M., Diaz, G. S., Estrada, S., & Martínez, L. (2002). Effect of alternating bulls as a management tool to improve the reproductive performance of suckled Zebu cows in the humid tropics of Costa Rica. *Animal reproduction science*, *69*(3-4), 159-173.
45. Molina-Sánchez, R. A., Galina-Hidalgo, C. S., Díaz-Sánchez, M. S., Galicia-Angeles, L. L., & Estrada-Konig, S. (2003). Evaluación de un empadre rotativo con monta natural: efecto en el rendimiento reproductivo de vacas cebú. Evaluation of a bull rotating system using natural mating: effect on the reproductive performance of Zebu cows. *Agrociencia.*, *37*(1), 1-10.

46. Galicia, L. L., Estrada, K. S., Galina, C. S., Perez, G. E., Romero, J. J., & Molina, S. R. (2006). Ultrasonography as aid for early pregnancy diagnosis in Zebu cattle in a natural mating programme. *Journal of Applied Animal Research*, 29(1), 53-58.
47. Washaya, S., Tavirimirwa, B., Dube, S., Sisito, G., Tambo, G., Ncube, S., & Zhakata, X. (2019). Reproductive efficiency in naturally serviced and artificially inseminated beef cows. *Tropical animal health and production*, 1-6.
48. Petherick, J. C. (2005). A review of some factors affecting the expression of libido in beef cattle, and individual bull and herd fertility. *Applied Animal Behaviour Science*, 90(3-4), 185-205.
49. Perez-Torres, L., Rubio, I., Corro, M., Cohen, A., Orihuela, A., Galina, C. S., & Pablos, J. L. (2015). 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. *Journal of Reproduction and Development*, 2014-114.
50. Mondragón, V., Galina, C. S., Rubio, I., Corro, M., & Salmerón, F. (2016). Effect of restricted suckling on the onset of follicular dynamics and body condition score in Brahman cattle raised under tropical conditions. *Animal reproduction science*, 167, 89-95.
51. Díaz, B. R., Galina, C. S., Rubio, I., Corro, M., Pablos, J. L., & Orihuela, A. (2018). Monitoring changes in back fat thickness and its effect on the restoration of ovarian activity and fertility in *Bos indicus* cows. *Reproduction in domestic animals*, 53(2), 495-501.
52. Gross, J., van Dorland, H. A., Bruckmaier, R. M., & Schwarz, F. J. (2011). Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *Journal of dairy research*, 78(4), 479-488.

53. Ayres, H., Ferreira, R. M., de Souza Torres-Júnior, J. R., Demétrio, C. G. B., de Lima, C. G., & Baruselli, P. S. (2009). Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Science*, *123*(2-3), 175-179.
54. Galindo, J., Galina, C. S., Estrada, S., Romero, J. J., Alarcón, M., & Maquivar, M. (2013). Effect of changes in body weight, body condition and back fat during last month of pregnancy on the reproductive efficiency of *Bos indicus* cows in the tropics of Costa Rica. *Open Journal of Veterinary Medicine*, *3*(1), 22-28.
55. Pessoa, G. A., Martini, A. P., Sá Filho, M. F., & Rubin, M. I. B. (2018). Resynchronization improves reproductive efficiency of suckled *Bos taurus* beef cows subjected to spring-summer or autumn-winter breeding season in South Brazil. *Theriogenology*, *122*, 14-22.
56. Ferreira, R. M., Conti, T. L., Gonçalves, R. L., Souto, L. A., Sales, J. N. D. S., Sá Filho, M. F. D., Elliff, F. M. & Baruselli, P. S. (2018). Synchronization treatments previous to natural breeding anticipate and improve the pregnancy rate of postpartum primiparous beef cows. *Theriogenology*, *114*, 206-211.
57. Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sá Filho, M. F. D., & Bó, G. A. (2018). Using artificial insemination v. natural service in beef herds. *animal*, *12*(1), 45-52.