

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

RELACIÓN ENTRE CONDICIÓN CORPORAL, GRASA DORSAL Y  
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN VACAS *Bos indicus*

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**DELFINA VICTORIA BLAS PÉREZ**

Asesores:

MVZ PhD Ivette Rubio Gutiérrez  
MVZ PhD Carlos S. Galina Hidalgo

México, D. F.

2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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

A mi madre Rosita Pérez, a mi padre Arturo Blas, a mis hermanas: Anita, Moni, Lupita y Miri...

A mis mejores amigos Doctora Ivette Rubio, Doctor Manuel Corro, Doctor Fernando Livas y Medica Jetzabel Juárez.

....No sé cuánto va a durar este sueño, pero decido vivir cada momento como si fuese el último. Y veo que el éxito me abre la puerta que esperaba...

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme dado esta vida tan maravillosa que por nada del universo cambiaría.

A mis padres por ser el ejemplo de valor, coraje, orgullo, humildad y decisión. A demás de que a pesar de todo han formado a cinco maravillosas mujeres dignas de admirar...FELICIDADES....

A mis hermanas Ana, Moni, Lupe y Miri ya que cada una ha contribuido a mi crecimiento y desarrollo mental, personal y espiritual. Nunca dejare de aprender de ustedes.

A la doctora Ivette Rubio y el Doctor Manuel Corro por permitir ser parte de sus vidas tanto académica como personalmente, por el apoyo, la amistad, el tiempo y el esfuerzo dedicado a mi formación.

Al doctor Fernando Livas Calderón por esa amistan incondicional a lo largo de estos años, por estar ahí en las buenas y en las malas, porque en sus palabras siempre encontré alivio, confort y la sabiduría necesaria que han contribuido a mi toma de decisiones. Además por todo el apoyo académico y sobretodo laboral que hasta hoy sigo recibiendo, no tengo con que agradecer todo esto.

Al ingeniero Eleazar Ocaña por su apoyo en el desarrollo de este trabajo, pero sobre todo por compartir sus conocimientos de ganadería.

A mi quinta hermana Jetzita por todo ese apoyo incondicional durante estos años, gracias amigui!!!

Y a todas aquellas personas que han formado y forman parte de mi vida desde mi llegada a Martínez de la Torre, ya que pusieron un granito de arena para mi crecimiento personal.

## CONTENIDO

	Página
<b>RESUMEN</b>	1
<b>INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
EFFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL	3
MECANISMO DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO	6
MEDICION DE LA CONDICIÓN CORPORAL	8
USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA DE LA GRASA SUBCÚTANEA	12
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO	14
LA NUTRICIÓN EN LA ENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	16
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	22
<b>HIPÓTESIS</b>	23
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	23
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	23
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	24
LOCALIZACIÓN	24
DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	24
ANIMALES	25
PROGRAMA DE SINCRONIZACIÓN	27
DETECCION DE CELOS	28
EVALUACIÓN DEL ESTADO REPRODUCTIVO POR PROGESTERONA	28
EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL	29
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO	30
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	31
<b>RESULTADOS</b>	32
<b>DISCUSIÓN</b>	45
<b>CONCLUSIONES</b>	53
<b>REFERENCIAS</b>	54

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura A. Mecanismos por los cuales la nutrición afecta la actividad ovárica.	<b>5</b>
Figura B: Interacción entre señales periféricas que conforman las bases del estado metabólicas. Algunas hormonas periféricas tales como la leptina, insulina y ghrelina cruzan la barrera hemato encefálica y ejercen su acción sobre la pulsatividad de GnRH distribuido desde en núcleo pre óptico al sistema hipotálamo-hipófisis-gónadas.	<b>8</b>
Figura C. Áreas anatómicas utilizadas para la evaluación de la condición corporal en vacas de carne.	<b>10</b>
Figura D. Representación esquemática del papel de kisspeptina (KP) en el eje hipotalámico-hipofisario-gonadal.	<b>20</b>
Figura 1. Condición corporal de cada grupo con la que se inicio y se terminó el empadre.	<b>32</b>
Figura 2. Desarrollo de la condición corporal en el proyecto.	<b>33</b>
Figura 3. Cambios de peso vivo (kg) en vacas <i>Bos indicus</i> durante el empadre.	<b>34</b>
Figura 4. Peso vivo (kg) en vacas <i>Bos indicus</i> al inicio y final el empadre.	<b>34</b>
Figura 5. Promedio general del desarrollo de la Grasa Dorsal (cm) a través del proyecto.	<b>35</b>
Figura 6. Grasa Dorsal (cm) de cada grupo al inicio y termino del empadre.	<b>35</b>
Figura 7. Relación de vacas por grupo, vacas ciclando al inicio del empadre, y respuesta a la sincronización.	<b>37</b>
Figura 8. Relación de vacas ciclando al inicio del empadre, y respuesta a la sincronización.	<b>38</b>
Figura 9. Proporción de respuesta a sincronización por conducta de celo en el empadre.	<b>39</b>
Figura 10. Porcentajes de montas observadas durante 24 horas continuas, en periodos de 3 hrs.	<b>40</b>
Figura 11. Proporción de vacas gestantes dentro de cada grado de condición corporal.	<b>44</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Respuesta a sincronización, tasa de gestación y fertilidad en vacas <i>Bos indicus</i> .	<b>41</b>
Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Pearson entre CC y GD en vacas <i>Bos indicus</i>	<b>42</b>
Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre la condición corporal y el peso vivo en vacas <i>Bos indicus</i> evaluados durante el empadre.	<b>42</b>
Cuadro 4. Condición promedio de acuerdo a condición reproductiva inicial y respuesta a la sincronización.	<b>43</b>
Cuadro 5. Grasa dorsal promedio de acuerdo a condición reproductiva inicial y respuesta a la sincronización.	<b>43</b>
Cuadro 6. Promedio de condición corporal.	<b>44</b>
Cuadro 7. Promedio de condición corporal y grasa dorsal por gestación.	<b>45</b>

## RESUMEN

BLAS PÉREZ DELFINA VICTORIA. **Relación entre condición corporal, grasa dorsal y desempeño reproductivo en vacas *Bos indicus***. (Dirigido por: PhD Ivette Rubio Gutiérrez y PhD Carlos Salvador Galina Hidalgo)

Con la finalidad de evaluar la relación entre condición corporal, la grasa dorsal, y su efecto sobre la eficiencia reproductiva, se utilizaron 60 vacas *Bos indicus* divididas en dos grupos; grupo 1 (23 vacas) menos de 100 días posparto, y 2 (37 vacas) con más de 100 días posparto. Se sincronizaron con un dispositivo intravaginal con progesterona natural. Posterior al retiro del dispositivo, se observó el celo durante 96 horas continuas; se analizó la progesterona en el suero sanguíneo; se midió la condición corporal (CC) en escala 1-9, grasa dorsal (GD) por ultrasonografía (US), y peso vivo (PV). La inseminación artificial se realizó con la regla AM-PM. La CC fue mayor al inicio del empadre para el grupo 1 ( $P < 0.05$ ), ( $5.34 \pm 0.71$  vs  $4.28 \pm 1.18$ ). El peso vivo y la grasa dorsal fueron similares durante el periodo de empadre ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, existió un aumento de peso, condición corporal y grasa dorsal al final del empadre en ambos grupos. Al inicio del empadre 48.3% de vacas se encontraron ciclando. El 65.5 % de las vacas respondieron a la sincronización ( $P < 0.05$ ). Se obtuvo 42% de gestación general, el porcentaje de fertilidad para el Grupo 1 fue 56.5%, y la tasa de gestación a 1er celo fue 66.7%, en el Grupo 2 el % de fertilidad fue 32.4% y la tasa de gestación a 1er celo de 31.8% ( $P \geq 0.05$ ). Existió una mediana relación ( $r = 0.36$  de  $0.69$ ) entre CC y GD ( $P \leq 0.001$ ) y entre CC y PV ( $r = 0.48$ -  $0.63$ ) ( $P \leq 0.001$ ). En conclusión las vacas que ciclaron al inicio del empadre, y respondieron a la sincronización presentaron en promedio mayor GD ( $0.97 \pm 0.25$ ) ( $P < 0.05$ ). Las vacas con CC superior a 4.5 presentaron mayor porcentaje de gestación (68%) que vacas con CC inferior a 4.5. Existió una mediana relación entre la condición corporal y la grasa dorsal, además, ambas tuvieron un efecto positivo sobre la eficiencia reproductiva.

## INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales y subtropicales del país, constituyen en su conjunto el 25 % del territorio nacional y cuenta con un excelente potencial forrajero para la producción de carne y leche bovina.<sup>1</sup> En estas regiones predominan las razas de ganado cebú (*Bos indicus*) y sus cruzas con ganado europeo (*Bos taurus x Bos indicus*) debido a su buena adaptación a las condiciones ambientales. Sin embargo, este tipo de ganado presenta una baja eficiencia reproductiva causada por el prolongado periodo de anestro posparto.<sup>2</sup>

Las altas temperaturas del verano, asociadas a la alta humedad relativa y a la escasez de forraje de las épocas secas, estresan a los animales provocando fluctuaciones en la condición corporal, alteraciones en el patrón de secreción de las hormonas que participan en la regulación de la actividad reproductiva y de la tasa ovulatoria, y en la inhibición de las manifestaciones externas del estro, reduciendo así la eficiencia tanto productiva como reproductiva.<sup>3,4</sup>

Una cría por vaca por año es el objetivo de todo rancho ganadero, esto implica un intervalo entre partos de 365 días, de los cuales 280 días corresponden a la gestación; 45 días para involución uterina y 40 días más, para el reinicio de la actividad ovárica posparto. En zonas tropicales la reproducción del ganado se ve influenciada por diversos factores, dentro de estos, la pobre nutrición y el amamantamiento hacen que el intervalo entre partos así como el reinicio a la actividad ovárica generalmente sea mayor a 100 días lo que provoca pérdidas económicas en la producción.<sup>5</sup>

Uno de los principales problemas asociados a la infertilidad en el ganado tanto lechero como cárnico es la inconsistencia en los procesos de desarrollo folicular, lo que trae como consecuencia serios problemas reproductivos que

terminan en anestro, <sup>6</sup> por otra parte, se ha relacionado la pobre respuesta a los programas reproductivos a causa de deficiencias nutricionales, por lo que estos eventos han tenido resultados muy variables. <sup>7</sup>

## REVISIÓN DE LITERATURA

### EFFECTO DEL ESTADO NUTRICIONAL

Varios estudios han demostrado el efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva y más específicamente en el efecto que juega sobre la foliculogénesis, así Mackey *et al.*,<sup>8</sup> sugieren que en estados en los cuales los animales sufren una restricción nutricional y por lo tanto caen dentro de un balance energético negativo, las hembras muestran un decremento en el diámetro de los folículos dominantes, conduciendo esto hacia el estado anéstrico. Bossis *et al.*,<sup>9</sup> estudiaron 18 novillas Angus x Hereford y demostraron que aquellas a las que se les practicó una restricción alimenticia, se encontraban anovulatorias, además observaron que el diámetro folicular de los animales a los cuales se les practicó la restricción alimenticia era un 50% menor en comparación a los diámetros foliculares que presentaban las novillas del grupo testigo y en adición, la concentración de LH, estradiol y la secreción de IGF-1 fue superior en las novillas del grupo testigo que en las del grupo con restricción. Lo anterior demostró que estados con déficit nutricional pueden llegar a afectar el diámetro del folículo dominante y por ende la ovulación. Lucy *et al.*,<sup>10</sup> sugirieron que existen etapas en las cuales el estado nutricional de los animales actúa como señal para inhibir o activar procesos en los ovarios, tal es el caso de la pubertad y durante el posparto. Diskin *et al.*,<sup>11</sup> en una revisión de literatura sugieren que el estado nutricional del animal afectará el crecimiento folicular, la maduración y la capacidad de ovulación del mismo, así proponen un esquema en el cual se muestran los posibles mecanismos por los cuales la nutrición pudiera afectar a la reproducción, los cuales se puede observar en la Figura A.



c) Una condición corporal mayor a 5, en escala de 1-9, asegurará las reservas corporales adecuadas para la reproducción al posparto.

d) Es más difícil que el ganado de carne se reproduzca mientras esté en lactación debido al balance energético negativo,<sup>12, 13, 14, 15, 16, 17, 18</sup>

## **MECANISMO DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO**

Durante el periodo posparto las vacas movilizan reservas de grasa para iniciar y mantener la lactancia. El incremento en la movilización de reservas corporales cuando la energía neta requerida es mayor a la energía consumida, pone al animal en un balance energético negativo, el cual afectará directamente el reinicio de la actividad ovárica, así como la involución uterina<sup>19</sup> y por consiguiente el periodo entre partos será mayor.<sup>20</sup> Los pastos tropicales ocupan hasta un 75% de las tierras en pastoreo y están representados por las gramíneas nativas de los géneros *Paspalum* (*P. notatum*, *P. conjugatum*) y *Axonopus* (*A. affinis*, *A. compressus*), que ocupan dependiendo de la región, entre un tercio y tres cuartas partes de las áreas de pastoreo. En otras explotaciones existen pastos introducidos tales como el pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Guinea (*Panicum maximum*), Pangola (*Digitaria decumbens*) y Elefante (*Penisetum purpureum*),<sup>21</sup> los cuales no satisfacen los requerimientos nutricionales (energía, proteína y minerales) durante el posparto temprano, por lo que la vaca necesita remover sus reservas corporales para cubrir las deficiencias propias de la dieta.<sup>19</sup> De igual forma este periodo se asocia con una disminución de la condición corporal, un pobre estado de salud y una baja fertilidad posparto.<sup>22</sup>

La mayoría de las vacas entran a una fase de balance energético negativo al principio de la lactancia debido a que no pueden ingerir cantidades adecuadas de energía en este periodo. Por lo tanto, las vacas movilizan las reservas corporales (grasa) y pierden peso. Dependiendo de la producción láctea, en el comienzo de la lactancia, el balance energético negativo puede durar las primeras 2 a 10 semanas posparto. Durante la última parte de esta, las vacas se encuentran en un balance energético positivo. Los animales comen más de lo requerido para la producción de leche, y parte de la energía consumida es utilizada para reponer las reservas perdidas en el comienzo de la lactación.<sup>23</sup>

La duración del balance energético negativo durante el comienzo de la lactancia varía ampliamente entre vacas de similares capacidades productivas. Asimismo se ha descrito el valor predictivo de la condición corporal sobre las tasas finales de fertilidad, ya que la condición corporal antes de la época de empadre y al inicio de esta, tienden a influir sobre la tasa de preñez final. Los animales que ganan condición corporal y peso son los que presentaron mejores tasas de gestación en comparación de los que perdieron y después volvieron a ganar condición corporal y peso.<sup>24</sup>

En este periodo la actividad de las neuronas GnRH es alta y positivamente correlacionada con el balance de energía, así que la frecuencia de pulsos GnRH se incrementa cuando el balance de energía pasa de valores negativos a positivos después de un aumento en el consumo de alimento o una disminución del gasto de energía.<sup>25</sup>

## MEDICION DE LA CONDICION CORPORAL

Una forma indirecta para establecer el balance energético se hace con la evaluación de la condición corporal (CC), está es el producto de la interrelación entre el factor genético, el manejo alimenticio y sanitario, además es un parámetro determinante en la respuesta del animal durante su ciclo biológico (crecimiento, engorda, lactancia y procesos reproductivos).<sup>26</sup>

En el manejo nutricional se necesitan varios niveles de integración porque el estado metabólico en cualquier momento depende de los 3 componentes clave (consumo, almacenamiento y gasto) como lo muestra la figura B.

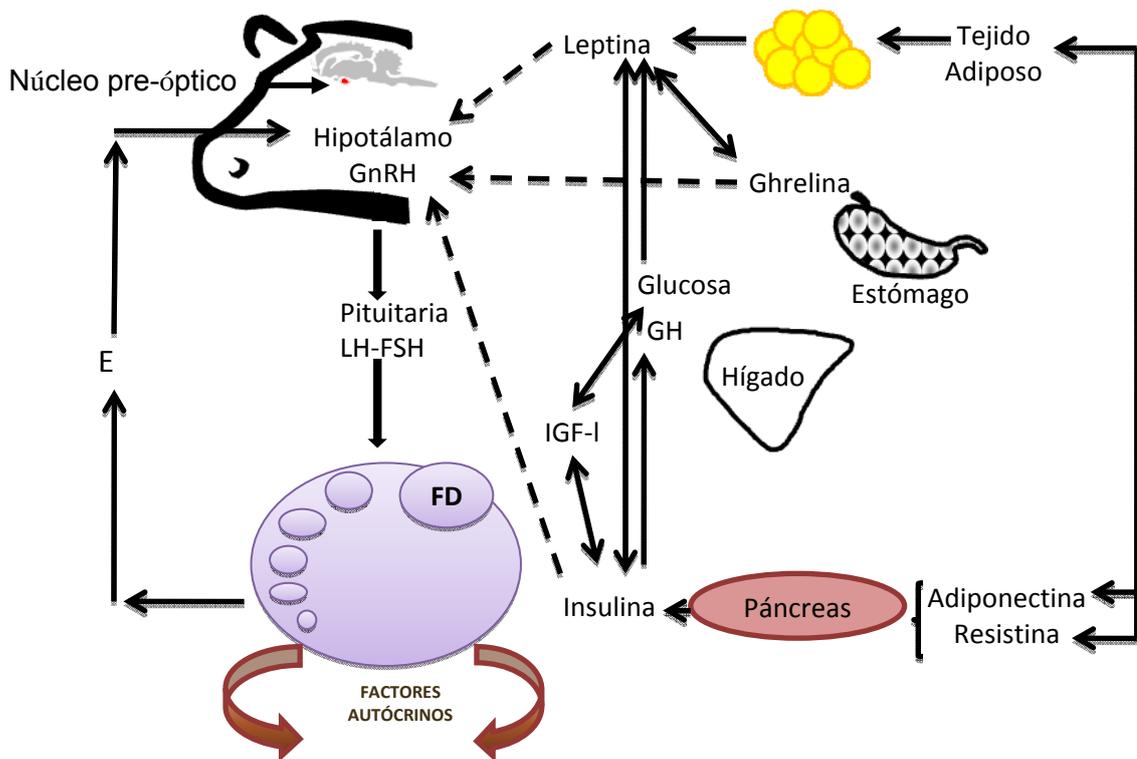


Figura B. Interacción entre señales periféricas que conforman las bases del estado metabólicas. Algunas hormonas periféricas tales como la leptina, insulina y ghrelina cruzan la barrera hemato encefálica y ejercen su acción sobre la pulsatividad de GnRH distribuido desde en núcleo pre óptico al sistema hipotálamo-hipofisis-gónadas.<sup>27</sup>

Las interacciones necesarias son manejadas por diversos sistemas hormonales como por ejemplo la secreción de leptina, esta hormona es afectada por el consumo y el gasto, así como por el almacenamiento (tejido adiposo).<sup>27</sup>

Los cambios en condición corporal son mejores indicadores para evaluar el estado nutricional de una vaca, que el peso vivo o los cambios en el peso. El peso vivo a veces es considerado erróneamente como indicador de la condición corporal y las reservas grasas, ya que el alimento presente en el rumen y los productos de la gestación evitan que el peso sea un indicador seguro de la condición corporal.<sup>28</sup>

La condición corporal en el primer parto tiene un gran efecto en el desempeño reproductivo. Las vacas de primer parto tienen que parir con una condición corporal  $\geq 6$  (en escala de 1-9), así, la mayoría mostrará celos y serán servidas durante un empadre de 60 días. Si las vacas jóvenes paren con una condición corporal de 5, menos del 80% estará en celo y tendrá menos oportunidad de quedar gestante. Si las vacas de primer parto paren con una condición corporal de 4 solo el 25% entrará en celo y se servirá durante el empadre. Para mantener la condición corporal durante la gestación debe de suministrarse las cantidades adecuadas de proteína y energía en la dieta.<sup>29</sup>

Métodos y técnicas para la medición de la condición corporal difieren a través de las distintas especies de producción y de regiones del mundo y han sido revisadas en diferentes estudios.<sup>30, 31</sup>

El grado de CC se asigna visualmente observando diversas regiones corporales como: la región de la cadera de la vaca, principalmente el área delimitada por la tuberosidad coxal, la tuberosidad isquiática y la base de la cola, también la cantidad de “cobertura” sobre las vértebras de la espalda, los

hombros (a nivel de la escapula), etc. (Figura C). Esta imagen se compara con un patrón preestablecido al que se le han asignado valores numéricos arbitrarios; de este modo se intenta uniformar los criterios de evaluación para que sean comparables en el tiempo y entre personas.<sup>32</sup>

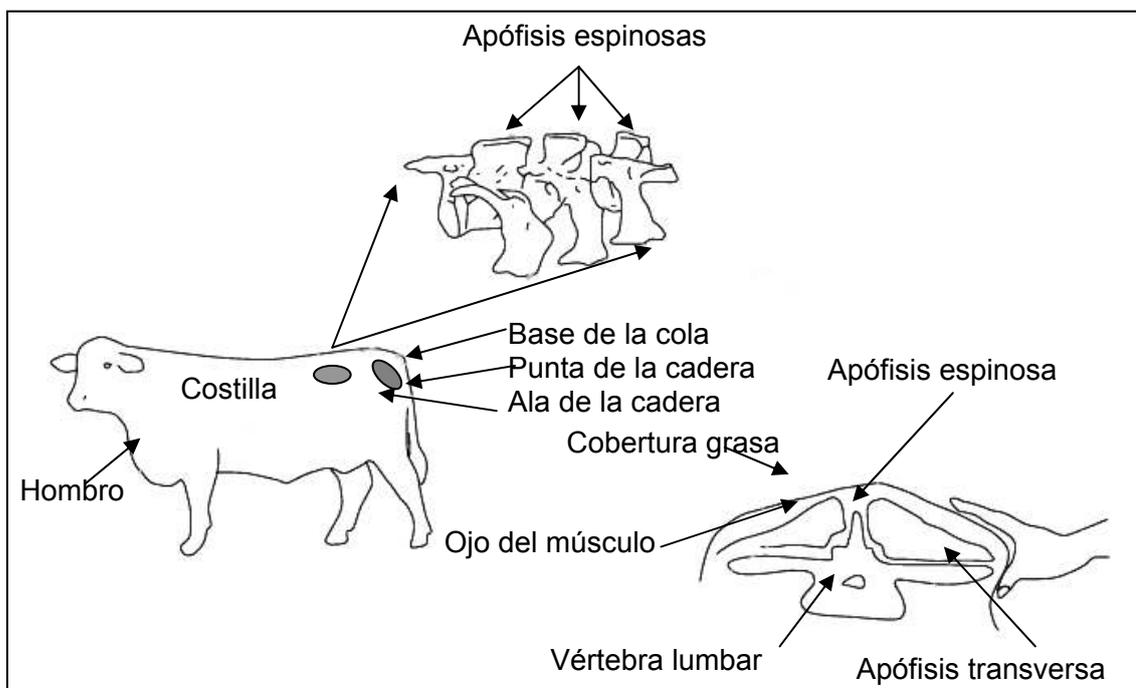


Figura C. Áreas anatómicas utilizadas para la evaluación de la condición corporal en vacas de carne.<sup>32</sup>

Las puntuaciones varían en un rango de 1-9 dependiendo del sistema de evaluación usado. En general una baja puntuación indica una vaca delgada y por el contrario una alta puntuación representa vacas con más grasa subcutánea.<sup>33</sup> La condición corporal estima las reservas de energía en el ganado, en bovinos productores de carne se utilizan una escala del 1 al 9.<sup>30</sup> Selk *et al.*,<sup>24</sup> encontraron que la CC antes de la época de empadre y al inicio de esta, tiende a influir sobre la tasa de preñez.

En vacas cebú Cutaia *et al.*,<sup>34</sup> reportaron un efecto de la condición corporal sobre las tasas de concepción en vacas inseminadas a tiempo fijo (IATF), en

donde se observo una condición corporal mínima de 2.5 para el éxito de los programas de sincronización del estro en ganado *Bos indicus*.

Lalman *et al.*,<sup>35</sup> evaluaron el cambio de peso y la condición corporal sobre el anestro posparto de novillas de primer parto, sugieren que los animales que ganan al menos 1.8 unidades (en una escala de 1 a 9) presentan menor intervalo entre partos en comparación con aquellas que mantienen o incluso pierden puntuación en la condición corporal.

En vacas productoras de carne que estén lactando, la primera ovulación posparto no ocurre con manifestaciones externas de estro y con frecuencia es seguida por un cuerpo lúteo de corta duración.<sup>36,37</sup> Los cuerpos lúteos de corta duración se presentan en la mayoría de las vacas productoras de carne (66-100%<sup>38</sup>) independientemente de la duración del anestro; estas estructuras se caracterizan porque el cuerpo lúteo que se forma es pequeño, secreta poca cantidad de progesterona<sup>37</sup> y responde en menor grado a las gonadotropinas. En estos ciclos cortos, solo se presenta una oleada folicular<sup>37, 38</sup> y es una de las principales causas de la baja tasa de concepción a primer servicio en vacas con baja condición corporal.<sup>38</sup>

Por su parte, Richards *et al.*,<sup>39</sup> encontraron en vacas de carne no lactantes, que el disminuir la ingesta de nutrientes da como resultado una baja de la condición corporal y del peso vivo, resultando en una reducción de la actividad lútea y ovárica. Por otra parte, una condición corporal excesiva antes del parto puede ser tan perjudicial como una CC deficiente, afectando negativamente los parámetros reproductivos.<sup>40</sup> Las vacas con altas reservas de grasa son propensas a partos difíciles y al síndrome de la vaca obesa (hígado graso pos parto). Las vaquillas gordas presentan dificultad para quedar gestantes y

desórdenes en el desarrollo de la glándula mamaria que resultan en una vida reproductiva pobre. Sin embargo, esta condición es poco probable en vacas productoras de carne en trópico que únicamente son alimentadas a través del libre pastoreo.<sup>1</sup>

Se ha señalado que la condición corporal modula el nivel de la LH en sangre, la sensibilidad de la hipófisis a la hormona liberadora de LH (LHRH), así como los niveles de LH en hembras con condición corporal pobre.<sup>41</sup>

## **USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA DE GRASA SUBCUTANEA**

La condición corporal es una herramienta útil para valorar los cambios de peso corporal, las reservas de los tejidos y para tomar decisiones en cuanto al manejo alimenticio. Uno de los métodos que podrían ayudar a comprender estos cambios es la medición de la grasa subcutánea por ultrasonografía. Diversos autores,<sup>42, 43, 44</sup> coinciden en que el balance energético puede ser medido por evaluación de la condición corporal y determinación de la grasa dorsal. Aunque ambos métodos son prácticos, la medición de la grasa dorsal por ultrasonografía es una medida objetiva y de mayor precisión que la condición corporal.

La medición de grasa subcutánea se puede realizar usando exámenes de ultrasonido que son prácticas rápidas y no invasivas. Los equipos de ultrasonido con un transductor lineal de 3,5 MHz se pueden utilizar en dicha evaluación. El espesor de la piel (de 5 a 6 mm) generalmente se incluye en mediciones ecográficas, y se debe restar del valor total obtenido, con el fin de ilustrar el espesor de la grasa subcutánea en sí. Por lo tanto, una grasa dorsal

de 6 mm (incluido el grosor de la piel) implica la ausencia total de grasa corporal.<sup>44</sup>

La medición de la grasa dorsal está relacionada con el comportamiento reproductivo de las vacas. Domecq, *et al.*,<sup>33</sup> encontraron una correlación positiva en un rango de 0.59 y 0.81 las cuales sugieren que la CC refleja la cantidad real de grasa subcutánea. Ayres *et al.*,<sup>44</sup> indicaron que los valores de la CC y la grasa dorsal en diferentes momentos del ciclo productivo de las vacas *Bos indicus* tuvieron una alta correlación positiva (0.82-0.95).

Existe una interacción entre la condición corporal y el nivel alimenticio con relación a la tasa de concepción. Los cambios en la dieta por insuficiencia de pasto, los cambios en el clima en el consumo afectarán primeramente la grasa dorsal y posteriormente la condición corporal.<sup>42</sup> Así pues, dentro de las aplicaciones del ultrasonido en la práctica veterinaria, está la posibilidad de evaluar la grasa dorsal de cada animal, ya que la evaluación de los componentes (agua y tejido graso) de la grasa dorsal puede resultar más útil para determinar el estado nutricional de un animal que con la sola evaluación de la condición corporal<sup>42</sup> o el peso vivo.

Se han determinado varias zonas anatómicas para la medición de la grasa subcutánea. Domecq *et al.*,<sup>33</sup> midieron en tres áreas, la primera fue el área lumbar, la segunda entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática 3-4 cm por encima del gran trocánter del fémur y la tercer área fue paralela a la vertebra sacra entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática. Mizrach *et al.*,<sup>45</sup> Yokoo *et al.*,<sup>46</sup> midieron la grasa subcutánea en vacas lecheras por medio de ultrasonido en 2 sitios seleccionados, uno fue posterior a la grupa entre el isquion y la base de la cola y la otra zona fue entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla,

además Yokoo *et al.*,<sup>46</sup> midieron el área del músculo gran dorsal y la grupa entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática. Williams *et al.*,<sup>47</sup> describe que la aplicación de la ultrasonografía es un método no invasivo para estimar la cantidad de reservas grasas y composición corporal en el ganado en pie.

## **DESEMPEÑO REPRODUCTIVO**

La sincronización del estro contribuye a la optimización del tiempo, mano de obra y recursos económicos de la empresa bovina, asimismo, incrementa la tasa de nacimientos al tener grupos homogéneos de novillas y vacas gestantes y por ende la continuidad en la producción.<sup>48</sup> Así, existen dos métodos generales para sincronizar el estro en los bovinos, por medio de la utilización de agentes luteolíticos como la  $PGF_2\alpha$ , o bien mediante la administración de Progestágenos.<sup>49</sup> La aplicación de estos últimos, ha sido evaluada mediante diversos protocolos de inducción de ovulación y de sincronización de estros. Como son, Acetato de melengestrol (MGA) por vía oral, implantes intra vaginales de progesterona (CIDR® Pfizer, México) e implantes auriculares de un progestágeno sintético Norgestomet (Crestar® Intervet, México) más la adición de estrógenos (Benzoato de estradiol) con resultados muy variables. Recientes investigaciones sugieren que no basta con cambiar la sensibilidad hacia la progesterona y estrógenos a nivel del sistema nervioso central, sino que es necesaria la manipulación del crecimiento folicular y lograr la sincronización de la oleada folicular.<sup>50</sup> Al respecto Bo. *et al.*,<sup>51</sup> en una revisión de literatura sobre la manipulación del desarrollo folicular expone diversos tipos de tratamientos hormonales por medio de la utilización de progestágenos y estrógenos con el fin de optimizar el uso de la IA.

Figueiredo *et al.*,<sup>52</sup> al estudiar la dinámica folicular en el ganado Nelore en relación al uso de PGF2 $\alpha$  menciona que una dosis de 25mg de esta hormona produce el efecto luteolítico sin causar efectos colaterales que pudieran comprometer el desarrollo folicular.

Se ha demostrado en relación al número de parto y la sincronización o inducción del éstro que las vacas responden mejor a tratamientos con prostaglandinas y las novillonas a progestágenos.<sup>53</sup>

La gestación temprana esta asociada con un desarrollo folicular similar al que ocurre durante la fase lútea del ciclo estral, mientras que la gestación tardía se caracteriza por una supresión en la secreción de gonadotropina, principalmente en los pulsos de LH. Así mismo, debido a la destrucción del cuerpo lúteo al parto, las concentraciones de progesterona descienden rápidamente y con la expulsión de membranas fetales al momento del parto, las concentraciones de 17 $\beta$ -estradiol también disminuyen. Sin embargo, después del día 9 posparto comienzan a aumentar las concentraciones de estrógenos provenientes del desarrollo de folículos debido al crecimiento y regresión de estos.<sup>54</sup>

Durante el postparto los principales factores que limitan la reanudación de la ciclicidad ovárica son:

- a) La inadecuada frecuencia de la secreción pulsátil de LH necesaria para las etapas finales del desarrollo y maduración folicular.
- b) La inadecuada liberación de la oleada pre ovulatoria de LH en respuesta a la retroalimentación negativa de estrógenos, que ocurre por la acción de concentraciones crecientes de estradiol sobre el eje hipotálamo hipófisis.<sup>55</sup>

Indudablemente, factores como el amamantamiento y la nutrición pueden poner en riesgo el que estos eventos se den de manera normal<sup>13</sup> afectando principalmente el reinicio de la actividad cíclica del animal. Así pues, la baja disponibilidad de energía durante el periodo posparto no solo suprime la secreción pulsátil de LH sino también disminuye la respuesta ovárica a la estimulación por esta hormona,<sup>56</sup> siendo el factor que limita el desarrollo folicular y por tanto la ovulación posparto impidiendo que el animal pueda establecer una nueva preñez.

## LA NUTRICION EN LA ENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

El nivel nutricional es el modulador clave de las distintas funciones neuroendocrinas. La desnutrición afecta todos los niveles del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, pero el punto central se ubica en el cerebro anterior. Por ejemplo hay varias señales metabólicas que pueden estar implicadas en la regulación de la secreción de GnRH, entre las que se mencionan a la insulina, factor de crecimiento similar a la insulina, glucosa, leptina, neuropeptido Y, orexinas y la kisspeptina, entre otros.<sup>57</sup>

Se han investigado diferentes efectos de la desnutrición, para ello se han utilizado modelos animales de investigación de fácil manipulación como son el Hámster, la rata y el ratón, los resultados indican que con 48 h de ayuno, se previene la descarga pre ovulatoria de LH, la ovulación y el comportamiento del estro y la secreción vaginal pos ovulatoria.<sup>58</sup>

Nagatani *et al.*,<sup>59</sup> indicaron que en ratas en ayuno, la supresión de la liberación pulsátil de LH, es debida en parte a la retroalimentación negativa del estradiol a nivel del núcleo para ventricular del hipotálamo.

Las respuestas tanto endocrinas como de comportamiento responden al cambio en la disponibilidad de energía. Las neuronas efectoras que controlan las secreciones endocrinas son las neuronas de GnRH que se ubican en el cerebro anterior ventral y las neuronas efectoras que controlan el comportamiento del estro son neuronas que unen estrógenos con el hipotálamo ventro medial, por lo que ambas vías de respuesta, pueden estar afectados por la disponibilidad de nutrientes.<sup>60</sup>

Los péptidos opiáceos endógenos son un grupo compuesto por endorfinas, encefalinas y dinorfinas que son ligandos naturales de los receptores opioides. Estudios inmuno histoquímicos han demostrado la presencia de pro-opiomelanocortina (molécula precursora de la  $\beta$  endorfina) a nivel central. La función de los péptidos opiáceos endógenos en general es suprimir la secreción de gonadotropina; la administración intra cerebro ventricular de morfina disminuye la secreción de LH y la administración de naloxone (antagonista de opioides) restaura la condición.<sup>60,61</sup>

Las neuronas GnRH pueden ser excitadas por la activación de los receptores del ácido  $\gamma$  amino butírico (GABA) y las neuronas GABA érgicas proveen una entrada sináptica principal. Las señales metabólicas mediadas por la leptina y las señales inhibitorias que convergen en el neuropéptido Y (NPY) y los opiáceos alteran rápidamente a los receptores (GABA) hasta las neuronas GnRH.<sup>60</sup>

El núcleo arqueado es un centro hipotalámico que une la energía y la reproducción. Las neuronas liberadoras de péptidos en el núcleo arqueado reciben y procesan señales humorales de la periferia y retardan esta información a los otros núcleos en el hipotálamo y área pre óptica. El péptido parecido a la galanina (GALP) es expresado en el núcleo arqueado y las neuronas que contienen GALP son blanco para la acción de la leptina. Las neuronas que contienen GALP son muy cercanas a las neuronas GnRH en el área pre óptica. La aplicación de GALP estimula la secreción de LH mediada por GnRH. Estas observaciones indican que GALP es una señal molecular que acopia los índices circulantes del metabolismo de la leptina al sistema

reproductivo neuroendocrino, regulando la actividad reproductiva como una función del estado energético.<sup>62</sup>

Se sugiere que el amamantamiento incrementa la sensibilidad del hipotálamo al estradiol, lo cual disminuye la secreción pulsátil de LH. Sin embargo, a medida que el periodo posparto transcurre, los sistemas neurales implicados en la secreción de GnRH se vuelven menos sensibles al estímulo del amamantamiento, pues su sensibilidad al estradiol disminuye, provocando el incremento en la secreción pulsátil de LH, con lo cual restablece la actividad ovárica en la hembra.<sup>63</sup>

El gen hipotalámico KISS1 ha sido señalado como un integrador de señales periféricas, incluyendo los esteroides gonadales y el estímulo nutricional.<sup>57</sup> Datos recientes sugieren un papel de KISS1 en el control metabólico de la fertilidad, al considerar que la expresión del gen KISS1 hipotalámico es regulado negativamente en condiciones de un balance energético negativo, mientras que la administración de kisspeptina es capaz de revertir un estado hipogonadotrópico observado en estados de desnutrición y condiciones de disturbio metabólico como se muestra en la figura D.<sup>57, 64</sup>

La kisspeptina, un péptido conformado por 53 amino ácidos, producto del gen KISS1 y su receptor GPR54 está enlazado a proteínas G.<sup>64, 65, 66</sup> Las kisspeptinas fueron originalmente identificadas como péptidos supresores de metástasis tumorales, enlazándose al receptor GPR54 acoplado a proteínas G. El corte proteolítico del producto primario KISS1 genera el decapeptido kisspeptina-10, el cual es potente en el desencadenamiento de la liberación de LH.

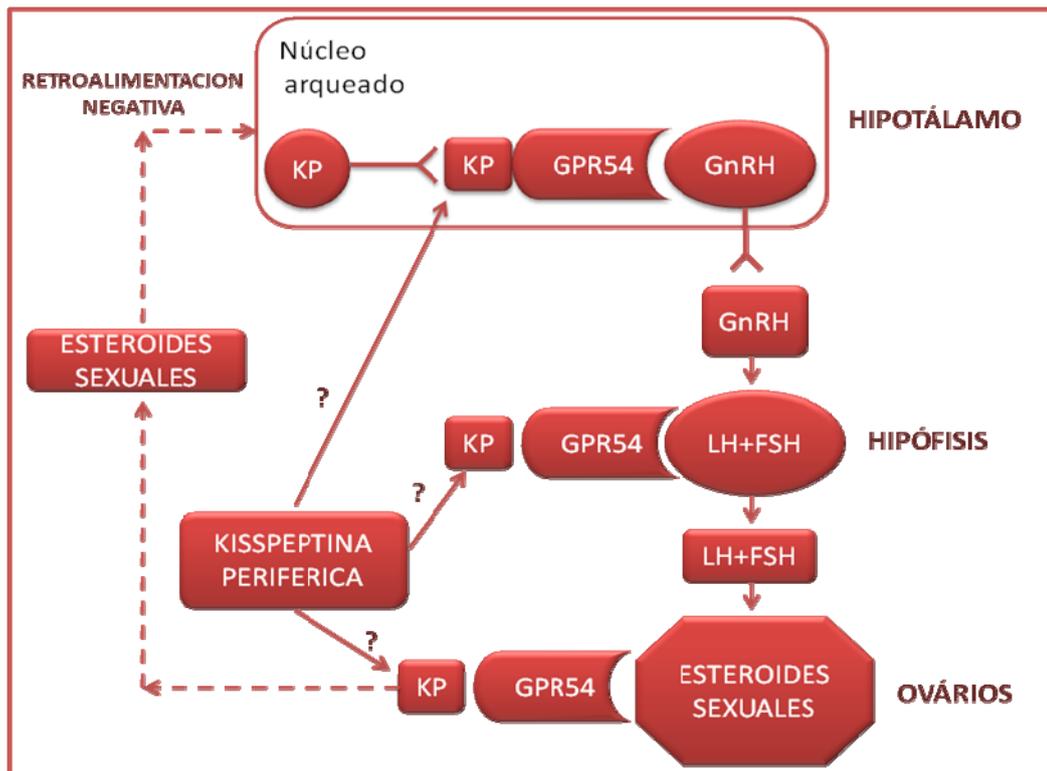


Figura D. Representación esquemática del papel de kisspeptina (KP) en el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal.<sup>57, 67</sup>

Por lo tanto el éxito del manejo reproductivo depende de la conjugación adecuada de los siguientes factores:

1. La condición de salud general del hato.
2. La eficiencia del manejo del hato.
3. La adecuada nutrición antes y después del parto.
4. El intervalo de recuperación pos parto.
5. El porcentaje de celos presentados.
6. El porcentaje de vacas detectadas en calor.
7. La capacidad individual de los toros para producir semen y montar vacas.

8. La calidad del semen congelado para inseminación artificial, su buen manejo conservación.
9. La competencia del inseminador al descongelar y aplicar el semen en el lugar y tiempo adecuados.

## JUSTIFICACION

La información de la literatura muestra que la condición corporal es un buen indicador del estado nutricional y está relacionado con la grasa subcutánea. No obstante, no existe suficiente información de las relaciones entre grasa dorsal, condición corporal, peso vivo y el desempeño reproductivo en ganado *Bos indicus* bajo condiciones tropicales en México.

Por lo anterior se plantea el presente estudio con el fin de evaluar el efecto de la condición corporal, el grosor de la grasa dorsal sobre el desempeño reproductivo en vacas *Bos indicus*.

## **HIPOTESIS**

Existe una relación lineal entre la condición corporal y el grosor de la grasa dorsal con el desempeño reproductivo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer la relación entre condición corporal, grasa dorsal y desempeño reproductivo en vacas *Bos indicus*.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar los cambios en condición corporal y peso vivo de vacas *Bos indicus* durante la época de empadre.
- Valorar los cambios en el grosor de la grasa subcutánea durante la época de empadre de vacas *Bos indicus*.
- Calcular el desempeño reproductivo durante la época de empadre de vacas *Bos indicus*.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **LOCALIZACIÓN**

El presente estudio se realizó en el Modulo de Producción de vaquillas F1 “La Soledad” perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el Km. 3.5 Martínez de la Torre-Novara en el municipio de Atzalan, Veracruz el cual se localiza a 20° 2′2 95″ latitud Norte y 97° 4′35 65″ longitud Oeste, la región se clasifica como trópico húmedo, con una precipitación media de 1743.4 mm al año; la temperatura media es de 24 °C y la humedad relativa es de 85.3%.<sup>68</sup>

### **DEFINICION DE CONCEPTOS**

Respuesta a la sincronización: vacas que manifestaron conducta de celo.

Gestación general: número de animales inseminados y gestantes entre el total de animales del empadre.

Tasa de gestación: número de animales gestantes entre el número de animales inseminados a primer servicio.

Porcentaje de fertilidad: número de animales gestantes entre el número de animales por grupo.

## ANIMALES

Se utilizaron 60 vacas *Bos indicus* adultas de las razas Brahman Gyr, Sardo Negro e Indobrasil, con una edad promedio de 9 años con 4 partos, vacías con y sin cría al pie.

Las vacas con cría se tuvieron en un régimen de amamantamiento restringido en el que las crías permanecían con la madre durante los primeros 2 meses de vida, posteriormente se alimentaban de leche de la madre a diario durante media hora a las 7:00 AM, de ahí se les separaba y permanecían en un potrero donde no tenían contacto visual ni auditivo entre madre y cría, finalmente se destetaban a los 7 meses de edad.

Las vacas se dividieron en 2 grupos de estudio organizados de la siguiente manera:

- Grupo 1: n = 23 vacas  $\leq$  100 días posparto y cría al pie.
- Grupo 2: n = 37 vacas  $\geq$  100 días posparto sin cría al pie.

El estudio se realizó durante los meses de febrero a mayo considerado como época de nortes-seca.

El área total del rancho es de 114 hectáreas de las cuales 110 son para pastoreo, las vacas estuvieron bajo un sistema de pastoreo rotacional de 2 días de pastoreo por potrero y en promedio 32 días de descanso al potrero y una carga animal de 1.5-1.8 UA/Ha con pastos nativos del tipo: *Paspalum* (*P. notatum*, *P. conjugatum*) y *Axonopus* (*A. affinis*, *A. compressus*), además de pastos introducidos como: el pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) y el estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfluensis*), debido a la época del año en que se realizó el empadre, se suministraron diariamente 2kg de ensilado de sorgo por vaca y se suplementó con sales minerales *ad libitum*.

Como manejo de medicina preventiva anualmente se hace la revalidación de hato libre contra las enfermedades de campaña brucelosis y tuberculosis en el mes de noviembre. Se vacuno con la bacterina doble bovina un mes antes de la época de pariciones, la vacunación contra derriengue a mitad del año y vacunación anual contra leptospirosis. La desparasitación contra nematodos intestinales y fasciola se realiza 2 veces al año y para el control de la garrapata se dan baños cada 2 meses.

## **PROGRAMA DE SINCRONIZACIÓN**

El empadre (invierno-primavera) que se manejó en este estudio se realizó durante 70 días, de finales de febrero a principios de mayo (época considerada como de nortes). 7 días previos a la sincronización del estro se evaluó el estado reproductivo de todas las vacas mediante un examen ultrasonográfico con un equipo Aloka SSD con un transductor de 7.5 MHz. Como resultado de este examen se evaluaron las estructuras ováricas presentes como son, folículos y cuerpos lúteos y con base en lo anterior se determinó si la vaca estaba en anestro o ciclando. Las vacas fueron tratadas con progesterona, mediante la aplicación de un dispositivo intra vaginal de liberación lenta de progesterona (CIDR® Pfizer, México) por 9 días. Un día antes del retiro del CIDR se aplicaron 500 UI de gonadotropina corionica equina (eCG, Folligon® Pfizer, México). El día del retiro del CIDR, se hizo un diagnóstico ultrasonográfico. Las vacas que al momento del diagnóstico presentaron un cuerpo lúteo, recibieron una dosis intramuscular de 25 mg de Dinoprost trometamina que es una prostaglandina  $F_{2\alpha}$  natural (Lutalyse® Pfizer, México).

## **DETECCIÓN DE CELOS**

A partir del día del retiro del implante se realizó la observación de las actividades de celo. Se utilizó como ayuda, en la detección de celo, la colocación de un parche indicador de monta en la grupa (*EstroTECT™* USA). Además, se organizaron grupos de observadores para registrar las actividades de celo que se presentaron por la noche, a partir de las 18:00 h y hasta la mañana siguiente 8:00 h, de acuerdo con la metodología propuesta por Orihuela *et al.*<sup>69</sup> Se consideraron a las vacas como aptas para ser inseminadas cuando estas fueron montadas al menos 3 veces en un lapso de 1 hora, la inseminación se realizó bajo el sistema AM-PM.<sup>69</sup>

## **EVALUACIÓN DEL ESTADO REPRODUCTIVO POR MEDICIÓN DE PROGESTERONA**

Con el fin de evaluar el estado reproductivo de cada animal antes y después a la sincronización se determinaron los niveles de progesterona en suero sanguíneo, tomando muestras de la vena coccígea, previa limpieza del área con agua y desinfección con yodo.

Se realizaron 3 muestreos previos a la inserción del CIDR, con un intervalo de 3 días entre cada uno. Posteriormente, a partir del día de la inseminación, se recolectaron muestras cada 7 días hasta el día 40. La sangre se centrifugó a 2500 rpm por 10 minutos y del suero se obtuvieron alícuotas, que se congelaron hasta su análisis por medio de un KIT comercial COAT-A-COUNT Progesterone (SIEMENS © USA) en el Laboratorio de Reproducción Animal de la FMVZ, UNAM, por medio de la prueba de RIA fase sólida con una sensibilidad analítica de 0.02 ng/ml y un coeficiente de variación intra ensayo

de 6.92% para el control del laboratorio. Se consideraron como vacas con actividad previa (ciclado) aquellas que en el análisis de P4 tuvieran una cantidad de progesterona  $\geq 1.0$  ng/ml<sup>70, 71</sup>.

## **EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS ANIMALES**

Para determinar el estado nutricional de todos los animales, al inicio del empadre, al momento de la IA, a la mitad y al final del empadre se midieron las siguientes variables:

a) Condición corporal:<sup>30</sup>

1. Caquéctico. Todas las costillas y la estructura ósea fácilmente visible y físicamente débil. El animal tiene dificultad de permanecer de pie o caminar. Hay una severa pérdida muscular con ausencia total de grasa.
2. Demacrado. Estructuras óseas con alguna cobertura muscular. Similar a 1 pero no debilitado.
3. Muy delgado. La cobertura muscular ha aumentado pero es aun insuficiente para cubrir costillas o rellenar el dorso, lomo, cadera. Las apófisis espinosas todavía son visibles y las tuberosidades de la cadera se mantienen angulosas.
4. Delgado. Las costillas y los procesos espinosos son fácilmente visibles, los cuartos posteriores presentan una cobertura muscular de forma recta. Las tuberosidades de la cadera comienzan a redondearse.
5. Moderada. Las costillas son menos aparentes que en la condición 4, la zona lumbar y grupa comienza a redondearse. Las áreas a cada lado de la base de la cola están rellenas pero no abultadas.
6. Bueno. Los cuartos posteriores se observan redondeados y rellenos. La cobertura de las costillas y base de la cola es gruesa.

7. Muy Bueno. El animal se ve redondeado con una cobertura de grasa uniforme. Se observa abundante acumulación de grasa a cada lado de la base de la cola con formación de depósitos.

8. Obesos. La grupa está muy redondeada. La estructura ósea es muy difícil de visualizar. Grandes depósitos de grasa en la base de la cola, los músculos del cuello son muy marcados.

9. Muy obeso. Depósitos de grasa mayores a la condición anterior.

b) El grosor de la capa dorsal de grasa lumbar se midió por ultrasonografía con un equipo Aloka SSD empleando un transductor sectorial de 3.5 MHz <sup>71</sup>

c) El peso vivo del animal.

## **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO**

El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía vía rectal con equipo Aloka SSD; transductor de 7.5 MHz a los 27 días post inseminación y se reconfirmó por palpación rectal a los 50 días.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se contó con dos grupos de vacas: con y sin cría al pie, en cuyos individuos se realizaron mediciones periódicas de progesterona, condición corporal y grosor de la grasa dorsal, peso vivo, tanto antes como después de la inseminación artificial. Para determinar las diferencias entre las mediciones de condición corporal, grasa dorsal y peso vivo, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), en donde se consideraron como factores el grupo (con y sin cría), la condición reproductiva al inicio (ciclado y no ciclado), la respuesta a la sincronización y condición reproductiva al final del empadre (gestante o vacía), así como la condición corporal agrupada en  $<4.5$  y  $\geq 4.5$ . Las tasas de gestación resultantes, determinadas por ultrasonografía, se analizaron por medio de un análisis de  $\chi^2$ , Asimismo, se efectuó una correlación lineal simple para ver el grado de asociación entre la condición corporal calificada visualmente, el grosor de la grasa dorsal y con el peso vivo. Los análisis del presente estudio se realizaron en el programa SPSS™ (Statistical Package for Social Sciences versión 12).

## RESULTADOS

### Cambios de la condición corporal y peso vivo durante el empadre

La condición corporal promedio al inicio y final del empadre fue de  $4.72 \pm 1.14$  y  $5.15 \pm 0.80$  respectivamente. No obstante, la CC fue diferente al inicio ( $P < 0.05$ ), siendo mayor en el grupo 1 con una CC promedio de  $5.34 \pm 0.71$ , mientras en el Grupo 2 tuvieron un promedio de CC de  $4.28 \pm 1.18$ .

Al finalizar el trabajo, las CC's tuvieron promedios de  $5.20 \pm 0.81$  en el Grupo 1 y de  $5.11 \pm 0.80$  para el Grupo 2. (Figura 1)

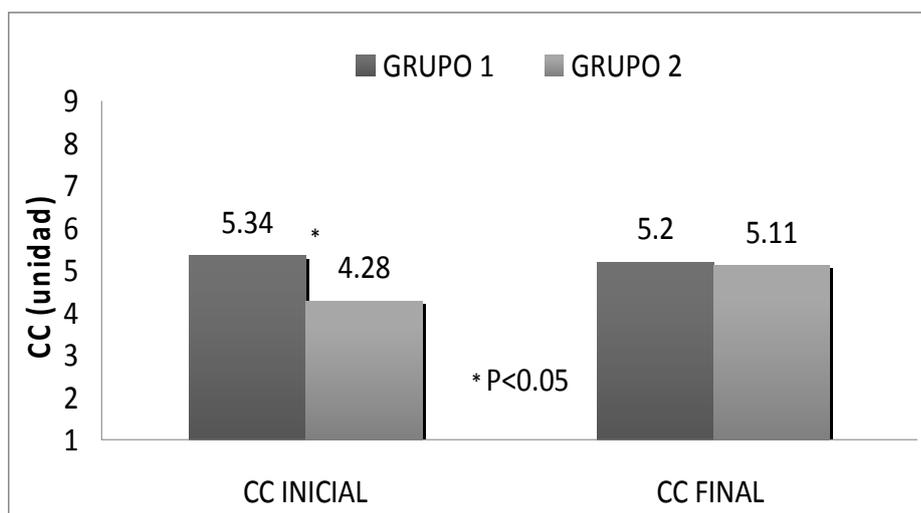


FIGURA 1. Condición corporal de cada grupo con la que se inicio y se terminó el empadre

La figura 2 muestra el desarrollo de la CC a través de las diferentes etapas del empadre. El inicio se consideró 6 días antes de la inserción, ocurriendo la inseminación artificial al día 15 y el final del empadre se consideró al momento del diagnóstico de gestación. De esta forma, se observó que las diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre ambos grupos se mantuvieron hasta la mitad del empadre. Finalizando ambos grupos sin diferencias ( $P > 0.05$ ).

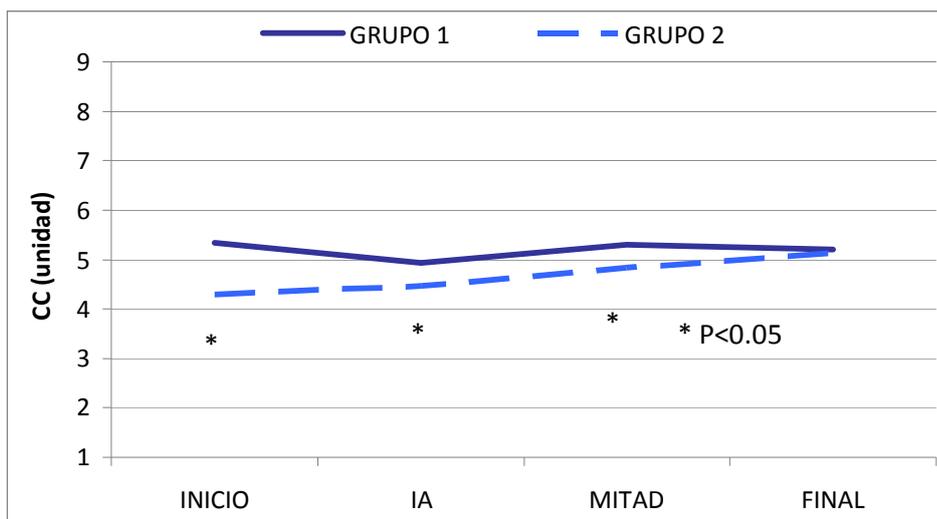


FIGURA 2. Desarrollo de la condición corporal en el proyecto.

### Peso vivo

El peso corporal de todas las vacas en estudio al inicio y final del proyecto, fue en promedio  $482.70 \pm 66.43$  kg y  $506.30 \pm 68.91$  kg, respectivamente (Figura 3). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre grupos en los diferentes momentos reproductivos como la IA y el retiro del CIDR. No obstante, a la mitad del empadre se observó diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

Se notó que todas las vacas dentro de cada grupo aumentaron de peso corporal, por lo que sus pesos inicial y final fueron diferentes ( $P < 0.05$ ). Así, al inicio del trabajo el peso promedio para el Grupo 1 fue  $501.87 \pm 53.14$  kg y al final  $519.00 \pm 51.88$  kg. Mientras que para el Grupo 2 los promedios de pesos inicial y final fueron  $417.10 \pm 71.48$  kg y  $497.62 \pm 77.92$  kg respectivamente (Figura 4).

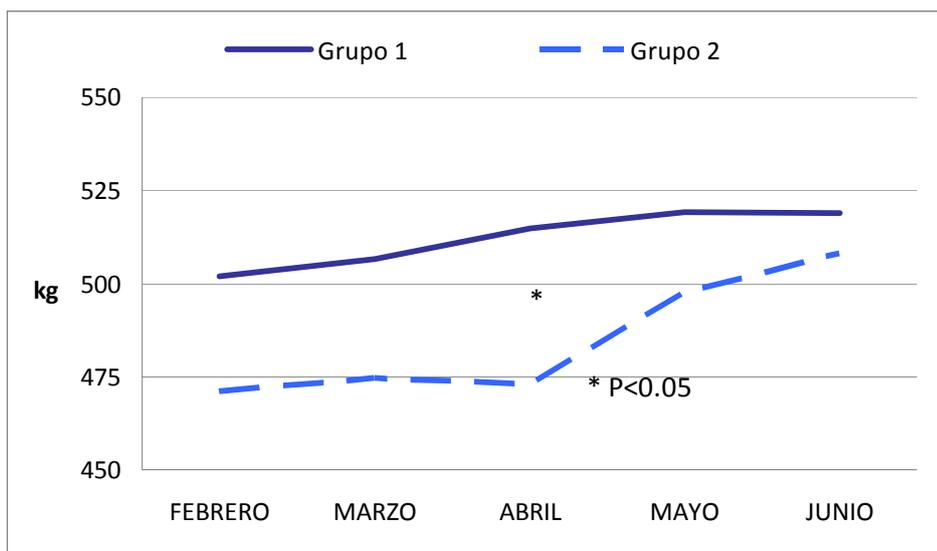


FIGURA 3. Cambios de peso vivo (kg) en vacas *Bos indicus* durante el empadre.

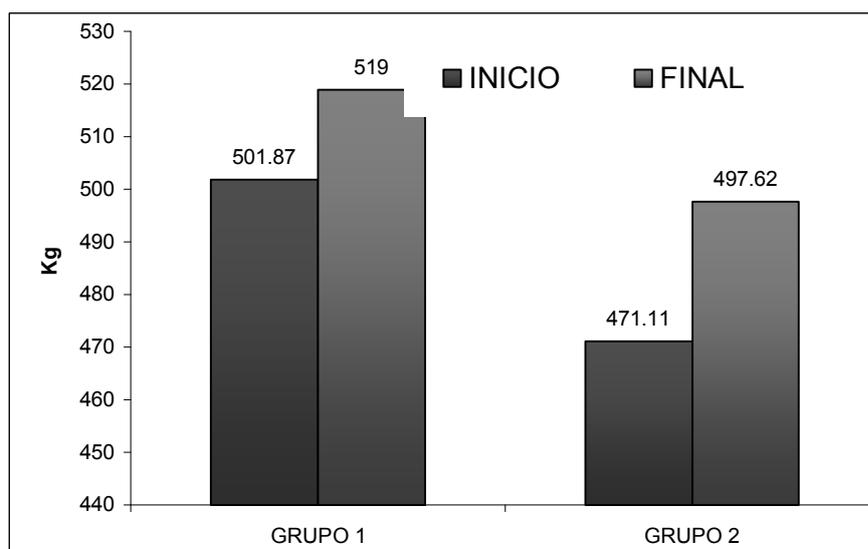


FIGURA 4. Peso vivo (kg) en vacas *Bos indicus* al inicio y final el empadre (P < 0.05).

### Cambios de la grasa dorsal durante el empadre

Los cambios de grasa dorsal (GD) durante el empadre se muestran en la Figura 5. El promedio general al inicio fue  $0.938 \pm 0.122$  cm, sin encontrar diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) durante todo el período de empadre entre los grupos en estudio.

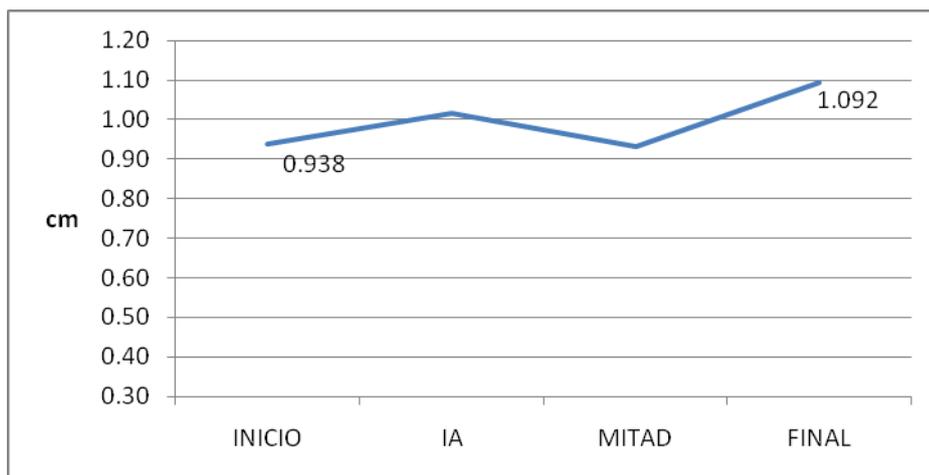


FIGURA 5. Promedio general del desarrollo de la Grasa Dorsal (cm) a través del proyecto ( $P \geq 0.05$ ).

No obstante, la grasa dorsal fue mayor al final del estudio en ambos grupos. El grupo 1 inició con  $0.956 \pm 0.091$  cm y terminó con  $1.126 \pm 0.128$  cm; mientras que el grupo 2 tuvo un valor de  $0.927 \pm 0.139$  cm al inicio del estudio y finalizó con  $1.072 \pm 0.120$  cm (Figura 6).

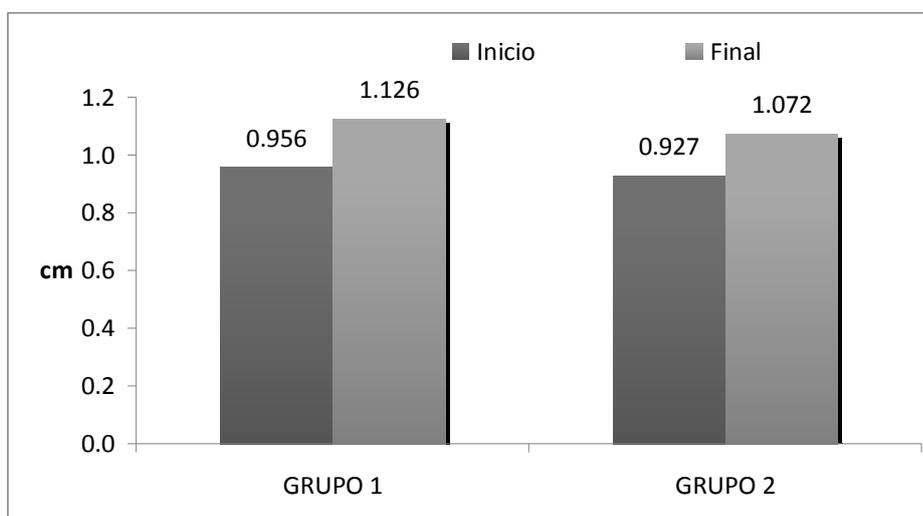


FIGURA 6. Grasa Dorsal (cm) de cada grupo al inicio y término del empadre ( $P < 0.05$ ).

## **Desempeño reproductivo**

### **I. Valores de progesterona (P4) en suero sanguíneo**

A partir de las mediciones de P4 en suero sanguíneo (ng/ml), se obtuvieron las proporciones de vacas que se encontraban ciclando al inicio del empadre (Figura 7). En el grupo 1 el 60.9% de las vacas se encontraba ciclando, mientras que el grupo 2 solo 40.5% se encontró ciclando al inicio del empadre. No se encontraron diferencias estadísticas ( $P \geq 0.05$ ) entre grupos. La Figura 8 muestra la proporción general de animales que se encontraron ciclando al inicio del empadre, que fue de 48.3% y el 51.7% se encontró en anestro. De los que se encontraban ciclando, 65.5 % respondió a la sincronización (manifestación de conducta de celo). Las vacas que se encontraban en anestro al inicio del empadre, solo 48.4% respondió a la sincronización ( $P < 0.05$ ).

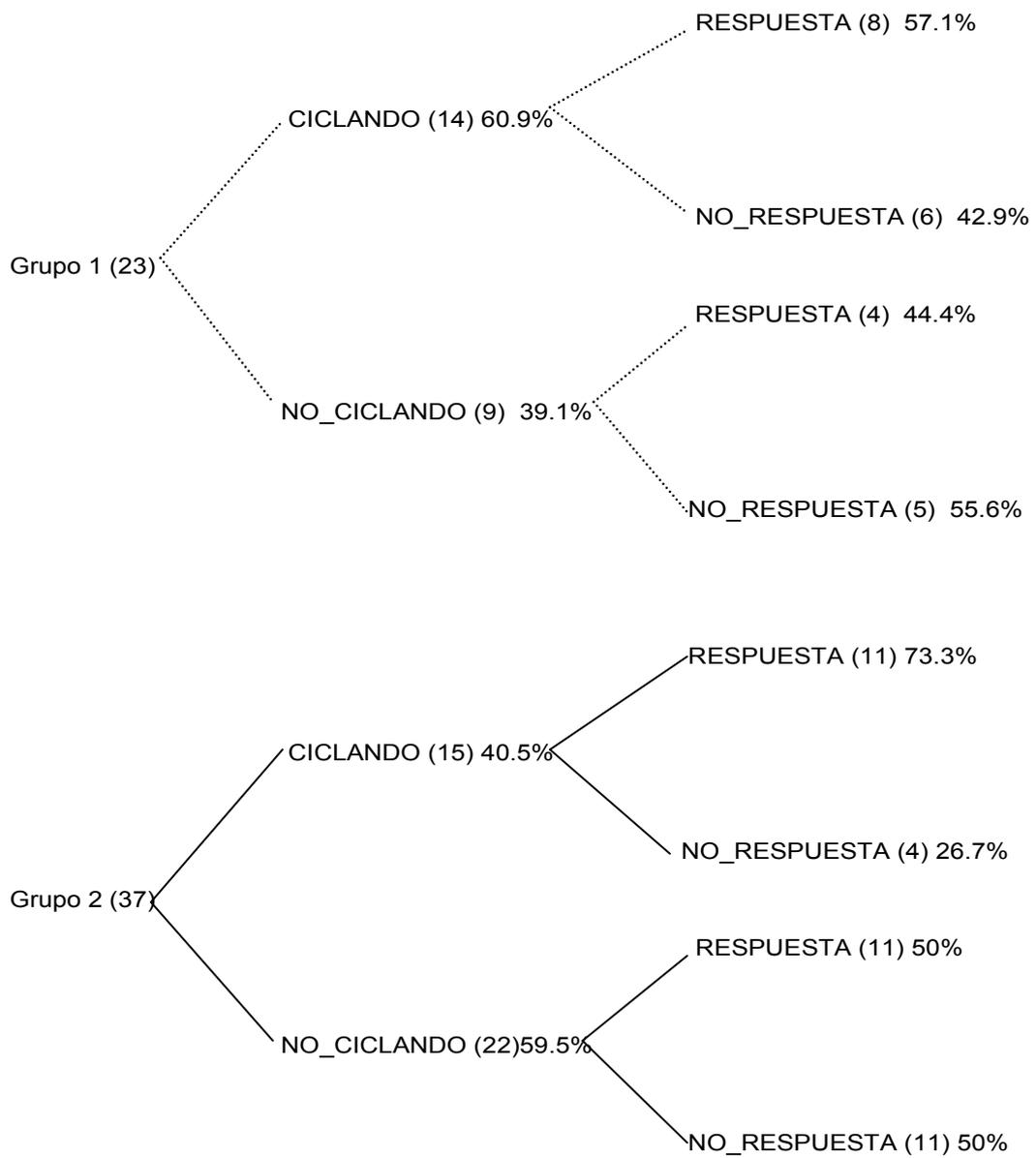


FIGURA 7. Relación de vacas por grupo, vacas ciclando al inicio del empadre, y respuesta a la sincronización ( $P > 0.05$ ).

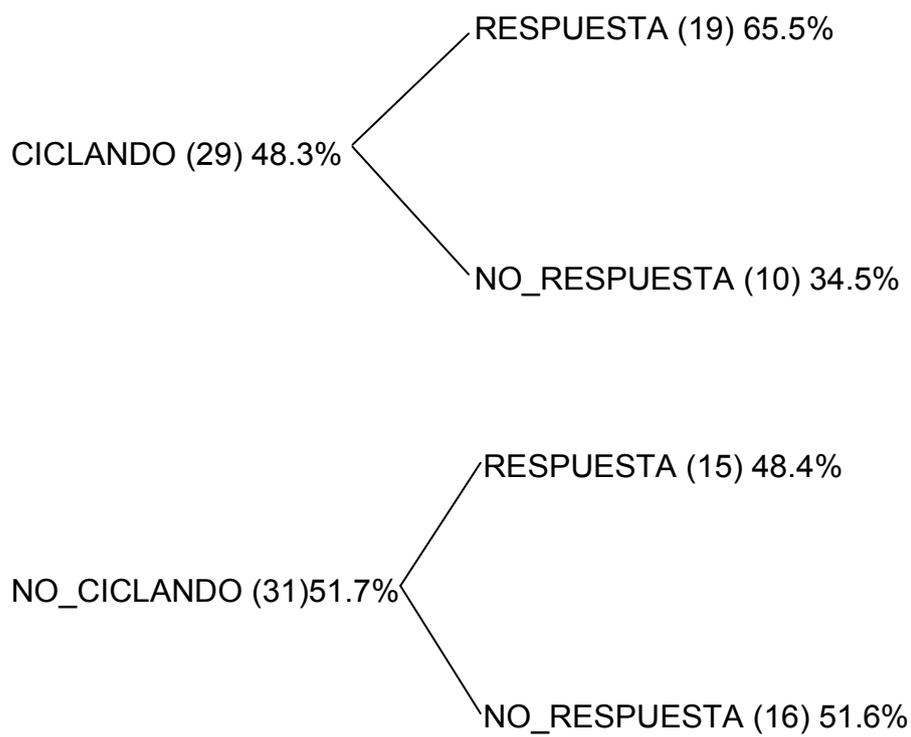


FIGURA 8. Relación de vacas ciclando al inicio del empadre, y respuesta a la sincronización (P <0.05)

## II. Respuesta a la sincronización por detección de celos

La respuesta a la sincronización se evaluó con base a la detección continua de celos. Del total de animales observados, 56.7 % respondieron a la sincronización y el resto no respondió. Al analizar la respuesta por grupos, se encontró 52.2 % de vacas del Grupo 1 respondió, mientras que en el Grupo 2, la respuesta fue 59.46 % (Figura 9). No obstante, la respuesta fue mejor ( $P < 0.05$ ) para las vacas que se encontraban ciclando al inicio del empadre que aquellas que se encontraban en anestro, 65.5 % y 48.4% respectivamente. (Figura 8).

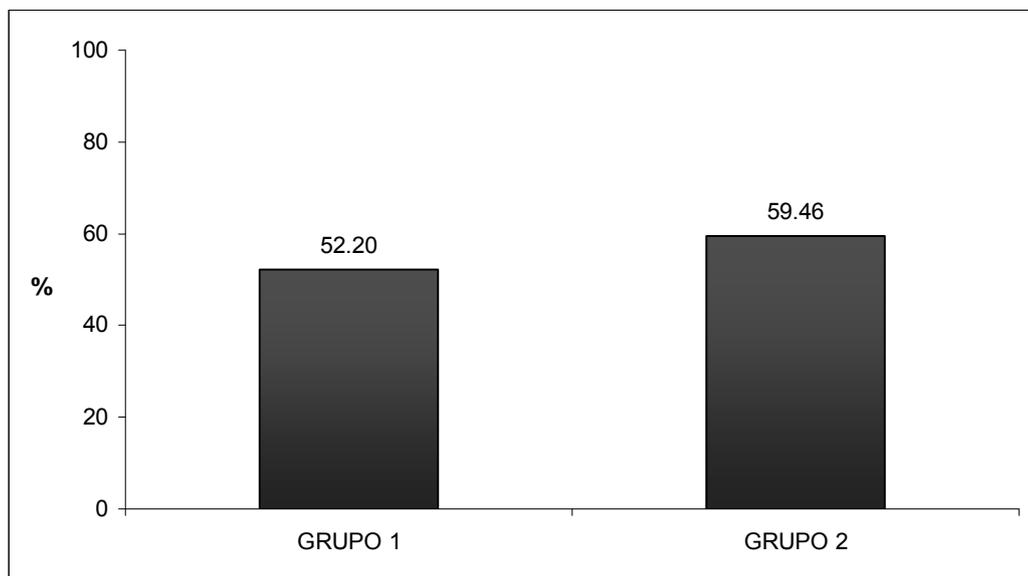


FIGURA 9. Proporción de respuesta a sincronización por conducta de celo en el empadre ( $P > 0.05$ ).

## III. Tiempo y duración de la respuesta a celo

El tiempo promedio transcurrido desde el retiro del CIDR<sup>®</sup> a las primeras manifestaciones de celo para todas las vacas fue de  $65.44 \pm 25.32$  hrs, el Grupo 1 respondió en promedio a  $58.48 \pm 17.34$  hrs, mientras que el Grupo 2 mostró una respuesta promedio de  $69.34 \pm 28.42$  hrs ( $P > 0.05$ ).

La distribución de las montas recibidas por otras vacas durante la observación continua se muestra en la Figura 10. Se observó que 49 % de la actividad de la conducta de celos se presentó en el horario nocturno. Y la mitad de estas (24%), fueron registradas en el horario de 24:00 a 3:00 h.

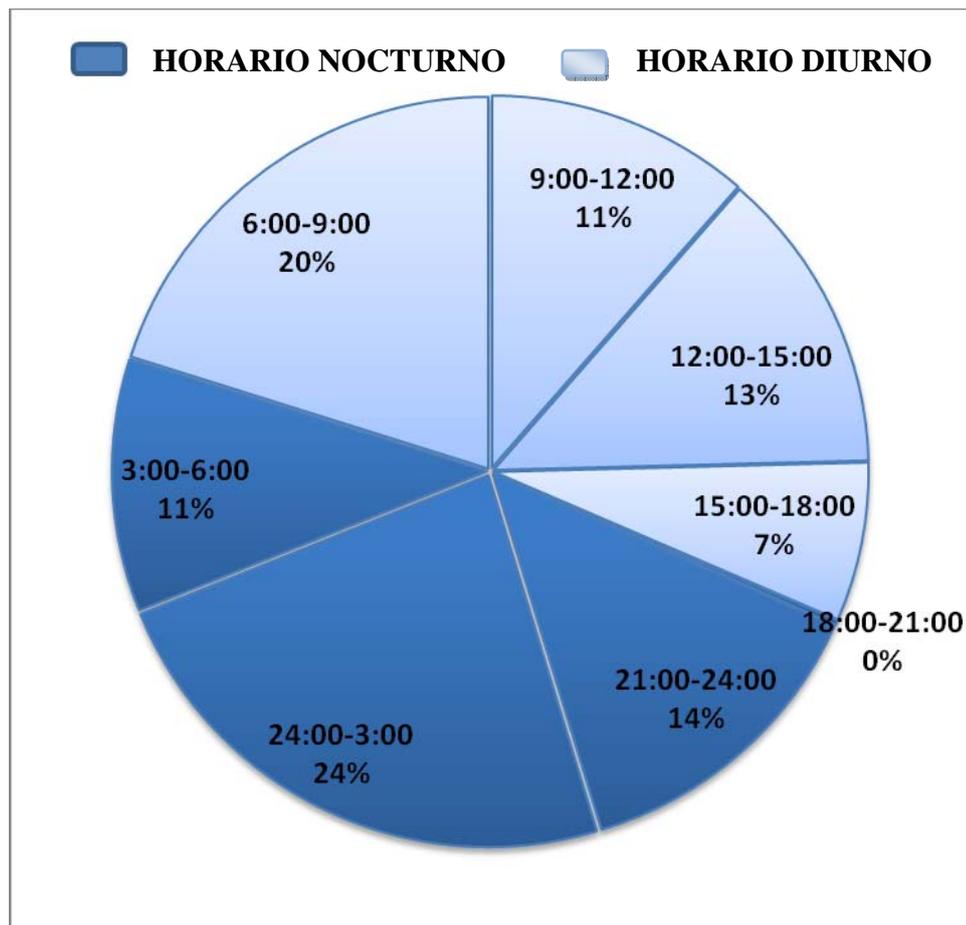


FIGURA 10. Porcentajes de montas observadas durante 24 horas continuas, en periodos de 3 horas.

El porcentaje de gestación general fue de 42%. El porcentaje de fertilidad en el Grupo 1 fue 56.5%, y la tasa de gestación fue de 66.7% y para el Grupo 2 el porcentaje fertilidad fue de 32.4% y la tasa de gestación de 31.8% ( $P \geq 0.05$ ).

Cuadro 1.  
Respuesta a sincronización, tasa de gestación y fertilidad en vacas *Bos indicus*.

	n	REPUESTA	TASA GX	FERTILIDAD
GRUPO 1	23	52.2% (12/23)	66.7 % (8/12)	56.5% (13/23)
GRUPO 2	37	59.5% (22/37)	31.8 % (7/22)	32.4% (12/37)
TOTAL	60	56.7% (34/60)	44.1% (15/34)	41.7% (25/60)

## **Relación entre condición corporal, grasa dorsal, peso vivo y el desempeño reproductivo.**

### **I. Relación entre Condición Corporal y Grasa Dorsal**

Las correlaciones entre condición corporal y medición de grasa subcutánea fueron evaluadas en diferentes momentos experimentales la estación de empadre, donde se observó que una relación de ( $r=0.36$  a  $0.69$ ) entre estas variables ( $P \leq 0.001$ ) (Cuadro 2).

Cuadro 2.  
Coeficiente de correlación de Pearson entre condición corporal y grasa dorsal  
en vacas *Bos indicus*

	Inicio del empadre	Inseminación	Mitad del empadre	Fin del empadre
CORRELACIÓN ENTRE CC Y GD	0.692 P≤ 0.001	0.357 P≤ 0.001	0.490 P≤ 0.001	0.553 P≤ 0.001

## II. Relación entre Condición Corporal y Peso Vivo

Las correlaciones entre condición corporal y peso vivo evaluadas en diferentes momentos experimentales del ciclo de producción (cuadro 3) fueron de  $r=0.48$  a  $0.63$  ( $P\leq 0.001$ ).

Cuadro 3.  
Coeficiente de correlación de Pearson entre la condición corporal y el  
peso vivo en vacas *Bos indicus* evaluados durante el empadre

	INICIO DEL EMPADRE	I A	MITAD DEL EMPADRE	FIN DEL EMPADRE
CORRELACIÓN ENTRE CC Y PV	0.633 ≤ 0.001	0.632 ≤ 0.001	0.477 ≤ 0.001	0.512 ≤ 0.001

### III. Relación entre condición corporal, grasa dorsal y estado reproductivo inicial.

En el Cuadro 4 se observan los valores promedio de condición corporal de acuerdo a su estado reproductivo inicial y respuesta a la sincronización, en el cual se indica que no hay diferencia estadística entre la condición corporal y estas variables. Al analizar los promedios de grasa dorsal de acuerdo a los niveles de P4 en suero sanguíneo y repuesta a la sincronización se puede notar que animales que ciclaban y respondieron a la sincronización presentaron el mayor promedio de grasa dorsal ( $0.97 \pm 0.25$  cm), mientras que los animales que no ciclaron y no respondieron tuvieron promedio  $0.79 \pm 0.27$  cm ( $P < 0.05$ ), (Cuadro 5)

Cuadro 4  
Condición corporal promedio de acuerdo a condición reproductiva inicial y respuesta a la sincronización.

	CICLANDO	NO CICLANDO
RESPUESTA	$4.86^a \pm 1.15$ n= 19	$4.83^a \pm 0.86$ n= 15
NO RESPUESTA	$4.80^b \pm 1.03$ n= 10	$4.17^b \pm 1.40$ n= 16
(a, b) diferente literal indica diferencia estadística $P < 0.05$ )		

Cuadro 5  
Grasa dorsal promedio de acuerdo a condición reproductiva inicial y Respuesta a la sincronización.

	CICLANDO	NO CICLANDO
RESPUESTA (cm)	$0.97^a \pm 0.25$	$0.87^a \pm 0.16$
NO RESPUESTA (cm)	$0.93^b \pm 0.15$	$0.79^b \pm 0.27$
(a, b) diferente literal indica diferencia estadística $P < 0.05$ )		

#### IV. Relación entre condición corporal, grasa dorsal y fertilidad.

Para evaluar la relación entre la condición corporal y el estado reproductivo se dividió a la CC en rangos: Menor a 4.5 y mayor a 4.5. (Cuadro 6)

Cuadro 6  
Promedio de condición corporal.

Condición corporal por rangos	N	Medias	Desviación Std.
Menor 4.5	24	3.4 <sup>a</sup>	± 0.70
Mayor 4.5	36	5.5 <sup>b</sup>	± 0.42
Total	60	4.7	± 1.20

(a, b) diferente literal indica diferencia estadística P<0.01

Las vacas con condición corporal superior a 4.5 al inicio del empadre (Figura 11) tuvieron un porcentaje de gestación mayor (72%) que las vacas que presentaron una condición corporal inferior a 4.5 (28 %).

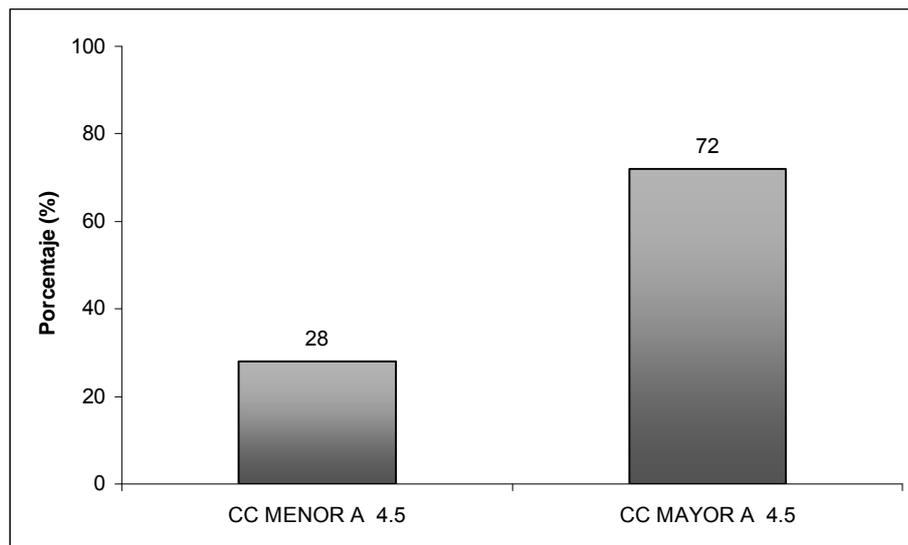


FIGURA 11. Proporción de vacas gestantes dentro de cada grado de condición corporal (P< 0.05).

La condición corporal y la grasa dorsal al inicio del empadre y al momento de la inseminación artificial de las vacas que quedaron gestantes se muestran en el cuadro 7. Las vacas gestantes, tuvieron en promedio una condición corporal al inicio del empadre de  $4.83 \pm 1.23$  mientras que las vacías tuvieron una media de  $4.63 \pm 1.88$ . No obstante, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Situación similar ocurrió con la grasa dorsal al inicio y al momento de la inseminación artificial.

Cuadro 7  
Promedio de CC y GD por gestación.

	CC INICIAL	CC IA	GD INICIAL	GD IA
Gestante	$4.83^a \pm 1.23$	$4.73^a \pm 0.78$	$0.95^a \pm 0.13$	$1.01^a \pm 0.13$
Vacía	$4.63^a \pm 1.88$	$4.57^a \pm 0.73$	$0.93^a \pm 0.12$	$1.03^a \pm 0.17$
Misma literal indica que no hay diferencia estadística $P>0.05$				

## DISCUSIÓN

### Condición corporal

La observación de la condición corporal como técnica para la medición de reserva de energía en la vaca a través del ciclo productivo es la opción más utilizada, debido a su fácil y rápida evaluación. En el momento en que las vacas entran a un programa de empadre deben de tener una condición corporal mínima de 4.5 (escala 1-9), una condición corporal menor afectaría el porcentaje fertilidad al final del empadre.<sup>16,17</sup> Por otra parte, Ciccio *et al.*,<sup>73</sup> sugieren que los animales deben de tener una condición corporal mínima de 2.5 (escala 1-5) o idealmente 3 para obtener mejores resultados reproductivos. Así, durante el último tercio de la gestación (90 días antes del parto) la vaca debe llegar con CC mínima de 3, de tal forma que al momento del parto alcance una condición de 2.5 (escala 1-5) y le permita reiniciar su actividad ovárica con normalidad.<sup>74</sup> Rubio *et al.*,<sup>75</sup> mencionan que en animales en pastoreo, la CC depende de la calidad y disponibilidad de los forrajes. Arthington *et al.*,<sup>76</sup> describen que la condición corporal al inicio del empadre debe de ser mínimo de 3.88, otros autores sugieren que la condición corporal de los vientres al momento de iniciar un tratamiento de sincronización no debería ser menor de 2.5 (escala 1-5) para obtener resultados aceptable<sup>34</sup>

La condición corporal de las vacas al inicio de este estudio, estuvieron dentro de los valores mínimos (4.7, en escala 1-9) mencionados en los estudios anteriores. Además, las vacas con condición corporal mayor a 4.5 presentaron un porcentaje de gestación superior que las vacas con menos de 4.5 (72 % y 28 % respectivamente). En el estudio de Tegegne *et al.*,<sup>53</sup> obtuvieron 36.4% de gestación con CC de 5; por su parte Madrigal *et al.*,<sup>77</sup> encontraron tasas de

gestación de 70% para vacas con CC alta, comparado con 44% la de baja condición corporal. Otros autores mencionan que vacas con CC menor a 4 muestran porcentajes de gestación de 58% y mayor a 4 de 85%<sup>78</sup>, por su parte Cutaia *et al.*,<sup>34</sup> encontraron que condiciones corporales menores a 4 presenta 46.5% de gestación y mayores a 5 dan un 52.3% de gestación.

## Grasa dorsal

La medición de grasa dorsal con ultrasonografía está altamente correlacionada con el contenido de grasa corporal ( $r=0.89$ )<sup>79</sup>. Williams *et al.*,<sup>47</sup> describieron que la aplicación de la ultrasonografía para la medición de la grasa subcutánea (GD) es un método no invasivo para estimar la cantidad de reservas grasas y composición corporal en ganado en pie. Diversos autores<sup>33, 42, 43, 44, 45, 46, 47,80</sup> han descrito varias zonas anatómicas de la vaca para la medición de la grasa subcutánea que van desde la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costillas hasta el anca. Los valores del espesor de la grasa subcutánea varían de acuerdo a la zona anatómica donde se tome la medición. Aunque en todas ellas se han encontrado correlaciones positivas medias y altas.

En este estudio, la medición de la grasa subcutánea se realizó en la región lumbar. El rango de coeficientes de correlación para las áreas de la grupa y región lumbar oscila entre 0.36 y 0.86; los promedios del grosor de la GD de acuerdo a las regiones es de 1.43-2.30cm.<sup>33</sup> El promedio de GD de las vacas en este estudio fue inicialmente de  $0.938 \pm 0.122$  cm. y al final de  $1.092 \pm 0.125$  cm. Estos valores, fueron menores a lo encontrado por Yokoo *et al.*,<sup>46</sup> para vacas *Bos indicus*, en donde el promedio de GD fue de  $1.95 \pm 1.36$  cm. De acuerdo con Mösenfechtel *et al.*<sup>42</sup>, para vacas lecheras (*Bos taurus*) el valor

óptimo alrededor del parto es de 4.4 cm de GD y durante el periodo posparto  $\geq$  3.3 cm en animales sobre alimentados y para animales subalimentados un espesor de GD de 3.35 cm y 2.7 cm posparto. Por otra parte, Evans *et al.*,<sup>80</sup> encontraron en novillas Angus, que la composición corporal, grasa intramuscular y la grasa dorsal no está afectada por el estadio del ciclo estral o método de sincronización. Pero, las novillas que no quedaron gestantes al final del empadre tuvieron valores de grasa subcutánea menores ( $p < 0.05$ ) que aquellas que quedaron gestantes,  $0.22 \pm 0.01$  vs.  $0.28 \pm 0.02$  respectivamente.

### Peso vivo

El peso vivo en los bovinos está relacionado con el tipo de alimentación, el crecimiento y desarrollo, así, como el estado de salud, edad y raza. El peso promedio de las vacas en este estudio fue de  $482.70 \pm 66.43$  kg al inicio del empadre. Por su parte Bolaños *et al.*,<sup>5</sup> reportaron un peso promedio de 389 kg en vacas *Bos indicus* anestrícas al inicio del empadre. Durante el posparto la vaca pierde peso a consecuencia de procesos fisiológicos del parto y metabólicos (balance energético negativo), conforme transcurre el tiempo, la vaca al entrar en balance energético positivo y repone su condición física (Peso prom. al parto  $557.2 \pm 7.2$  kg, empadre  $573 \pm 10.6$  kg y fin del empadre  $584.7 \pm 8.0$  kg).<sup>81</sup> La medición del peso vivo como indicador del desarrollo físico de la vaca es un recurso que necesita una inversión ya que no cualquier unidad de producción pecuaria tiene acceso a una báscula ya sea mecánica o digital. Por esto, la medición de la condición corporal sigue siendo la herramienta de elección para indicar el estado nutricional general del animal y al saber la correlación que hay entre estas dos variables hay mayor precisión sobre el uso

de la evaluación de la CC. En este estudio hay una mediana correlación entre peso vivo y condición corporal ( $r= 0.477-0.633$ ). En el trabajo de Frasinelli *et al.*,<sup>74</sup> tuvieron alta correlación que va de 0.974 a 0.991, las correlaciones en este estudio son similares a los reportados por Ayres *et al.*,<sup>44</sup> donde las correlaciones reportadas fueron de 0.37-0.50.

### Relación entre condición corporal y grasa dorsal

Si la condición corporal es una medida de las reservas de energía en la vaca, se esperaría una asociación positiva con la grasa subcutánea. En el presente estudio se encontró una correlación positiva de 0.35 a 0.69, dependiendo del momento de la medición durante el empadre. Domecq *et al.*,<sup>33</sup> reportaron en vacas lecheras una correlación positiva de 0.36 a 0.86, variando de acuerdo a la región de muestreo en el animal. No obstante en ganado *Bos indicus*, en un estudio realizado por Ayres *et al.*,<sup>44</sup> encontraron una alta correlación que va de 0.82 a 0.93 entre la condición corporal y la grasa subcutánea en distintos momentos productivos.

### Estado reproductivo al inicio del empadre

En un programa de reproducción, se espera que la mayoría de las vacas se encuentren ciclando al inicio de la estación reproductiva. En este estudio se observó que casi la mitad (48.3%) de las vacas se encontraban ciclando al inicio del empadre. La presencia de un cuerpo lúteo funcional indica que la vaca está ciclando, y se corroboró cuando se observaron 2 valores consecutivos altos ( $\geq 1.0$  ng/ml) de progesterona en plasma.<sup>82</sup> No obstante, el estado reproductivo se puede ver afectado por diversos factores, como época

del año, estado nutricional (balance energético), la presencia del becerro, estado de salud reproductiva, entre otros.

Villa-Godoy *et al.*,<sup>19</sup> demostraron que el balance energético negativo que presentan las vacas durante los primeros días posparto disminuyen los niveles de P4 en suero sanguíneo y continúan disminuyendo por 60 días más hasta el inicio del empadre donde comienza el balance energético positivo. Por otra parte, Corro *et al.*,<sup>79</sup> mostraron que el estado reproductivo de las vacas de doble propósito varía con la época del año. Así, durante la temporada de invierno encontraron que 65% de las vacas se encontraron ciclando, mientras que durante la sequía solo ciclaron 35%. Las vacas al parto con pobre condición corporal y que han perdido peso durante el posparto demoran más tiempo en reiniciar su actividad ovárica comparada con vacas que llegan al parto con óptima condición corporal.<sup>83</sup> La presencia del becerro en ganado de carne en general, y en Cebú en particular, afecta el reinicio de la actividad ovárica posparto y presentan un anestro lactacional prolongado. En este estudio, contrario a la información en la literatura, el porcentaje de hembras ciclando fue mayor (60%) en el grupo de vacas con cría que en las hembras sin cría (40%). Estas diferencias, pudieran estar influenciadas por la condición corporal de las hembras al momento del parto. Las vacas en estudio del grupo con cría tuvieron una mejor condición corporal al inicio del empadre que las vacas sin cría. Por lo tanto, en programas de sincronización de estros en ganado Cebú, es importante considerar el número de vacas que estén ciclando al inicio del empadre con buena condición corporal para lograr una mejor respuesta a la sincronización.

## Desempeño reproductivo

### I. Respuesta a sincronización

Al implementar un sistema de sincronización o inducción de la ovulación se debe de tomar en cuenta la raza del animal, la edad, época del año, estado fisiológico y nutricional, ya que de esto depende la respuesta y la fertilidad esperada. Bolaños *et al.*,<sup>5</sup> utilizaron un método de sincronización con base en un progestágeno sintético y sus resultados indican que los animales bajo este protocolo presentaron una respuesta de 49%. Otro estudio ha informado porcentajes de respuesta al estro del 56%, utilizando vacas lactantes.<sup>84</sup> En este estudio el 56.7% de los animales respondieron al método de sincronización con progesterona natural, lo cual es similar a lo reportado por los autores anteriores.

### II. Detección de celos

El éxito de los programas de IA en el trópico se ha obstaculizado por la baja precisión en la detección de celos ya que el ganado predominante tipo cebú no muestra signos evidentes de conducta de celo ya sea por el orden social, estrés calórico.<sup>85, 86</sup> El tiempo de respuesta de la sincronización a la manifestación de los primeros signos de celo en este estudio fue en promedio de  $65.44 \pm 25.32$  h. Pinheiro *et al.*,<sup>87</sup> reportaron que las vacas con PGF2  $\alpha$  como tratamiento manifestaron estro en promedio a las  $70.5 \pm 4.8$ h, y que vacas tratadas con norgestomet + estradiol presentaron el celo a las  $57.7 \pm 3.2$  h. Solano *et al.*,<sup>88</sup> mostraron un promedio de respuesta de  $57.6 \pm 40$  h con norgestomet + estradiol y una media de  $132 \pm 85$ h solo con norgestomet. Mientras que, Webb *et al.*,<sup>82</sup> publicaron que el promedio fue de  $45.4 \pm 6.6$ h. En este estudio, en el Grupo 1 el celo se presentó en promedio a las  $58.48 \pm 17.34$

h y  $69.34 \pm 28.42$  h en el Grupo 2. Estos valores fueron mayores a los obtenidos por Tegegne *et al.*,<sup>53</sup> en donde en 2 grupos de vacas, los tiempos de respuesta a la sincronización con progestágenos fueron, para vacas lactantes  $23.6 \pm 11$  h y para vacas no lactantes  $26.5 \pm 11$  h.

El momento óptimo de la inseminación artificial en el bovino depende la detección correcta de celos realizada por personal capacitado. Villa-Godoy *et al.*,<sup>19</sup> consideran que las vacas están en estro: cuando montan y se dejan montar más de 2 veces en periodos de 30 minutos. Similar a esto en este trabajo se consideró a las vacas en celo cuando estas fueron montadas al menos 3 veces en un lapso de una hora. Como resultado de las observaciones, la mayoría de la actividad se registró de 24:00-03:00 h (24%), en el horario nocturno se registró el 49% de actividad, estos datos son similares a los reportados por Galina *et al.*,<sup>89</sup> en el que la proporción máxima de actividad ocurre de 06:00-09:00 h (30%), y en el horario nocturno se registra el 48% de actividad. De igual forma, Pinheiro *et al.*,<sup>85</sup> encontraron que la mayoría de las vacas (53%) presentan signos de estro en la noche (18:00-06:00 h). Estos datos indican que en un programa de detección de celos bajo el esquema de observación AM-PM, se perderían la mitad de las vacas en celo. Por lo que se recomendaría la observación nocturna de vacas en celo.

### III. Fertilidad

El porcentaje de gestación general obtenido en este estudio fue 42%. Estos valores son similares a lo encontrado en estudios realizados por Tegegne *et al.*,<sup>53</sup> quienes encontraron un 34.8% de gestación en vacas sincronizadas con progesterona natural, Larsen *et al.*,<sup>90</sup> indican que en un período de 8 años los porcentajes de concepción en vacas Brahman fueron en promedio 53.95%. En

este estudio la tasa de gestación a primer servicio fue de 44% y es menor a lo reportado por Tegegne *et al.*,<sup>53</sup> donde la tasa de gestación a primer servicio fue de 64.3%. El porcentaje de fertilidad para el grupo 1 fue 56.5% mientras que para el grupo 2 fue 32.4%.

Diversos autores afirman, que en programas de sincronización de estros en ganado productor de carne, cuando se utilizan vacas con cría al pie la fertilidad puede ser menor. Tegegne *et al.*,<sup>53</sup> informaron que la fertilidad de vacas lactantes (73) y no lactantes (16) fue de 46.6% y 56.3% respectivamente. En otro estudio se observaron porcentajes de fertilidad en vacas Nelore que van de 27.6% a 55.7%.<sup>91</sup> Sá Filho *et al.*,<sup>92</sup> reportaron 50.5% de gestación para vacas nelore sincronizadas con progesterona natural.

A pesar de que la literatura menciona que vacas con baja condición corporal<sup>19, 20</sup> y con cría al pie<sup>12, 13, 14, 15, 16, 17, 18</sup> al inicio del empadre, presentan menores tasas de gestación. En este estudio las vacas con cría al pie tuvieron mejor condición corporal al inicio del empadre, y resultaron con una mayor tasa de gestación que las vacas sin cría. El anestro lactacional es menos intenso cuando se tienen vacas en un mejor estado nutricional. Las vacas de este estudio con menos de 100 días posparto parieron en una mejor condición corporal, la cual influyó en una mejor respuesta a la sincronización y mejores resultados de preñez al final del empadre.

## CONCLUSIÓN

Las vacas que ciclaban al inicio del empadre y respondieron a la sincronización presentaron valores de grasa dorsal superiores a las vacas que se encontraban en anestro. Así como vacas con una condición corporal superior a 4.5 presentaron mayor porcentaje de gestación. Se puede concluir que la interacción de la condición corporal y la grasa dorsal tuvieron un efecto positivo sobre la eficiencia reproductiva de vacas *Bos indicus*.

La grasa dorsal esta altamente relacionada con la condición corporal debido a la deposición y utilización de las reservas corporales de energía (grasa). El buen estado nutricional de las vacas, al inicio del empadre, medido mediante la condición corporal y la grasa dorsal se relacionan con la ciclicidad de los animales, la respuesta a la sincronización, la presentación de celos y por lo tanto, la tasa y porcentaje de gestación final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Molina MO. Sincronización del estro en vacas cebú mediante implantes reciclados de progestágenos y la posterior aplicación de prostaglandinas. Tesis UNAM, FMVZ. México DF. 2001.
2. Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 479-486.
3. Diskin MG, Austin EJ, Roche JF. Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. *Dom Anim Endoc* 2002; 23: 211-228.
4. López OS, Pérez HP, Ahuja AC, Ortega JE, Díaz RP, Olgín PC, Rosendo PA, Gallardo LF, Gallegos SJ. Efecto potencial de los sistemas silvopastoriles en la producción y reproducción del ganado. *Memorias del 5° Curso Internacional de Reproducción Animal*. 2007; Colegio de Posgraduados Ciencia Animal-Ganadería. Montecillo, Estado de México. México; 2007: 41-50.
5. Bolaños JM, Galina CS, Estrada S, Forsberg M. Resumption of postpartum ovarian activity monitored by plasma progesterone in anoestrous zebu (*Bos indicus*) cattle following temporary weaning and progestagen treatment. *Reprod. Dom Anim* 1997; 32: 267-271.
6. Bauman DE, Currie WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation. A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 1980; 63: 1514-1529.
7. Stevenson JS, Lucy MC, Call EP. Failure of timed inseminations and associated luteal function in dairy cattle after two injections of prostaglandin F<sub>2α</sub>. *Theriogenology* 1987; 28: No 6: 937-946.

8. Mackey DR, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG. Effect of acute nutritional restriction on incidence of an ovulation and periovulatory estradiol and gonadotrophin concentrations in beef heifers. *Biol Reprod* 1999; 61: 1601-1607.
9. Bossis I, Wettemann RP, Welty SD, Vizcarra JA, Spicer LJ, Diskin MG. Nutritionally induced an ovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *J Anim Sci* 1999; 77: 1536-1546.
10. Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De la Sota RL, Thatcher WW. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 1992; 70: 3615-3626.
11. Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 345-370.
12. Randel RD. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 1990; 68:853–862.
13. Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci* 1990; 68: 799-816.
14. Williams GL. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *J Anim Sci* 1990. 68:831-852.
15. Dunn TG, Moss GE. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J Anim Sci* 1992; 70:1580–1593.
16. Wettemann, RP, Bossis I. 2000. Energy intake regulates ovarian function in beef cattle. *J Anim Sci* 2000. 77:1-10.

17. Wettemann, RP, Lents CA, Ciccioi NH, White FJ, Rubio I. Nutritional and suckling-mediated an ovulation in beef cows. *J Anim Sci* 2003; 81(E. Suppl. 2):E48-E59.
18. Hess BW, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle JDC, Moss GE. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J Anim Sci* 2005; 83:E90-106.
19. Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1988; 71: 1063-1062.
20. Butler WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest Prod Sci* 2003; 83, 211–218.
21. Bogdan AV. *Pastos Tropicales y Plantas de Forrajes*. 1ª ed. México. AGT Editor, 1997.
22. Montiel F. and Ahuja C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci* 2005; 85: 1–26
23. Salas RG. Condición corporal. Manual de evaluación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 2008; 1-15.
24. Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen JW, Mobley SL, Rasby RJ, Garmedia JC. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J Anim Sci* 1988. 66: 3153-3159.

25. Butler WR. Inhibition of ovulation in the postpartum cow and the lactating sow *Livest Prod Sci* 2005; 98: 5-12.
26. Chávez CDO. Aplicación de la ultrasonografía como medida de diagnóstico del desempeño de un programa reproductivo en vacas (*Bos indicus*). Tesis licenciatura. UNAM, FMVZ. México DF. 2006.
27. Blache D, Martin GB. Control multi-dimensional del sistema reproductivo por la nutrición. 2009 septiembre 23-25; Colegio de Posgraduados Ciencia Animal-Ganadería. Montecillo, Estado de México. México; 2009; 1-22.
28. Saharrea MA, Basurto CH, Rubio GI. Efecto de la condición corporal en la reproducción. Memorias del 14° día del Ganadero. 2006 julio 7; Rancho "El Clarín" FMVZ-UNAM; 2006: 26-47.
29. Rubio GI. Effect of postpartum nutrition on the onset of ovarian activity in beef cows. Tesis Doctor en Filosofía. Oklahoma State University. Oklahoma USA. 2005.
30. Wagner JJ, Lusby KS, Oltjen JW, Rakestraw J, Wettemann RP, Walters LE. Carcass composition in mature Hereford cows: Estimation and effect in daily metabolizable energy requirement during winter. *J Anim Sci* 1988. 66: 603-612.
31. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 1989; 72: 68-78.
32. Stahringer, RC, Schiflet, S y Díaz, C Cartilla Descriptiva del grado de Condición Corporal en vacas de cría. UCA Lab. LEAA, INTA EEA y ASOCIACIÓN BRAFORD ARGENTINA. Año 18, N° 49, Mayo 2003.

33. Domecq JJ, Skidmore AL, Lloyd JW, Kaneene JB. Validation of body condition score with ultrasound measurements of subcutaneous fat dairy cows. *J Dairy Sci* 1995; 78:2308-2313.
34. Cutaia L, Veneranda G, Tribulo R, Baruselli PS, Bó GA. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. *Memorias del 5° Simposio Internacional de Reproducción Animal*. 2003 junio 27-29; Huerta Grande Córdoba; 2003: 119-132.
35. Lalman DL, Keisler DH, Williams JE, Scholljegerdes EJ, Mallet DM. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J Anim Sci* 1997; 75: 2003-2008.
36. Werth LA, Whittier JC, Azzam SM, Deutscher GH, Kinder JE. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. *J Anim Sci* 1996; 74: 616-619.
37. Yavas Y, Johnson WH, Walton JS. Modification of follicular dynamics by exogenous FSH and progesterone and the induction of ovulation using hCG in postpartum beef cows. *Theriogenology* 1999; 52: 949-963.
38. Stagg K, Diskin MG, Sreenan JM, Roche JF. Follicular development in long-term anoestrus suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. *Anim Reprod Sci* 1995; 38: 49-61.
39. Richards MW, Wettemann RP, Shoenemann HM. Nutritional anestrus in beef cows: body weight, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J Anim Sci* 1989; 67:1520-1526.

40. Sheldon IM, Wathes DC, Dobson H. The management of bovine reproduction in elite herds: Review. *The Vet J* 2006. 171: 70-78.
41. Roberson MS, Stumpf TT, Wolfe MW, Cupp AS, Kojima N, Werth LA, Kittok RJ, Kinder JE. Circulating gonadotrophins during a period of restricted energy intake in relation to body condition in heifers. *J Reprod Fert.* 1992; 96: 461-469.
42. Mösenfechtel S, Hoedemaker M, Eigenmann UJ, Rüschi P. Influence of back fat thickness on the reproductive performance of dairy cows. *Vet Rec* 2002; 151: 387-388.
43. Schröder UJ, Staufienbiel R. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of back fat thickness. *J Dairy Sci* 2006; 89: 1-14.
44. Ayres H, Ferreira RM, Torres-Júnior JR, Demétrio CGB, de Lima CG, Baruselli PS. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Sci* 2009; 123: 175-179.
45. Mizrach AU, Flitsanov U, Maltz E, Spahrm SL, Novakofski JE, Murphy MR. Ultrasound assessment of body condition changes of the dairy cow during lactation. *Trans. ASAE.* 1999; 42: 803-812.
46. Yokoo MJ, Albuquerque LG, Lôbo RB, Bezerra LAF, Araujo FRC, Silva JAV, Sainz RD. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. *Liv Sci* 2008; 117: 147-154.
47. Williams AR. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *J. Anim. Sci.* 2002; 80(E. Suppl. 2): 183-188

48. Dahlen CR, Lamb GC, Zehnder CM, Miller LR, DiCostanzo A. Fixed-time insemination in peripuberal, lightweight replacement beef heifers after estrus synchronization with PGF2 alpha and GnRH. *Theriogenology* 2003; 59: 1827 – 1837.
49. Richardson AM, Hensley BA, Marple TJ, Johnson SK, Stevenson JS. Characteristics of estrus before and after first insemination and fertility of heifers after synchronized estrus using GnRH, PGF2 $\alpha$ , and progesterone. *J Anim Sci.* 2002; 80:2792–2800
50. García FEO, Cordero MJL, Hizarza EA, Peralta OJG, Ortega CME, Cárdenas M, Gutiérrez CG, Sánchez TEMT. Induction of a new follicular wave in Holstein heifers synchronized with norgestomet. *Anim Reprod Sci* 2004; 80 47–57.
51. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 307–326.
52. Figueiredo RA, Barros CM, Pinheiro OL, Soler JMP. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology* 1997; 47: 1489-1505.
53. Tegegne A, Warnick AC, Mukasa-Mugerwa E, Ketema H. Fertility of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbreed cattle after estrus synchronization. *Theriogenology* 1989; 31: No 2: 361 – 370
54. Yavas Y, Walton JS. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows. A review. *Theriogenology* 2000; 54: 1-23.
55. Yavas Y, Walton JS. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 2000b; 54: 25-55.

56. Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 2000; 60-61: 449-457.
57. Meza HC, López MJ, Torres MM, González BA, Véliz DF, Nellado BM, Wurzinger M. Innovaciones conceptuales en el establecimiento de la pubertad. 2009 septiembre 23-25; Colegio de Posgraduados Ciencia Animal-Ganadería. Montecillo, Estado de México. México; 2009; 1-22.
58. Morin LP. Environment and hamster reproduction: responses to phase specific starvation during estrous cycle. *Amer J Phys* 1986; 251: 663-669.
59. Nagatani S, Guthikonda P, Thompson RC, Tsukamura H, Maeda KI, Forter DL. Evidence for GnRH regulation by leptin – leptin administration prevents reduced pulsatile LH secretion during fasting. *Neuroendocrinology* 1998; 67: 370-376. (Abstract)
60. Rodríguez CJ, Pro-Martínez A. Factores metabólicos que intervienen en la secreción de GnRH Memorias del 3er Curso Internacional de Reproducción Animal. 2005; Colegio de Posgraduados Ciencia Animal-Ganadería. Montecillo, Estado de México. México; 2005: 1-12
61. Pérez HP, Sánchez del Real C, Gallegos SJ. Anestros posparto y alternativas de manejo en vacas de doble propósito en el trópico. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 2001; 16: No 2: 257- 270.
62. Gottsch ML, Clifton DK, Steiner RA. Galanin-like peptide as a link in the integration of metabolism and reproduction. *Endoc Met* 2004; 15: No 5: 215-221.

63. García-Winder M, Imakawa K, Day ML, Zalesky DD, Kittok RJ, Kinder JE. Effect of suckling and ovariectomy on the control of luteinizing hormone secretion during the postpartum period in beef cows. *Biol Reprod* 1984; 31: 771-778.
64. Tena-Sempere M. GPR 54 and kisspeptin in reproduction. *Hum Reprod Update*. 2006c; 12: 631-639.
65. Gottsch ML, Clifton DK, Steiner RK. Kisspeptin-GPR 54 signaling in the neuroendocrine reproductive axis. *Mol Cell Endoc* 2006; 254-255: 91-96.
66. Tena-Sempere M. KISS-1 and reproduction: focus on the role in the metabolic function of fertility. *Neuroendocrinology* 2006; 83:275–281.
67. Ojeda R, Lomniczi A, Mastronardi C, Heger S, Roth C, Parent A, Matagne V, Mungenast A. Minireview: The neuroendocrine regulation of puberty: is the time ripe for a systems biology approach?. *Endocrinology* 2006; 147: No 3: 1166-1174.
68. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Instituto de Geografía, UNAM, 1973.
69. Orihuela, A, Galina C, Escobar J, Riquelme E. Estrous behaviour following prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  injection in zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 1983; 19: No 46: 795-809.
70. Stabenfeldt GH, Ewing LL, McDonald LE. Peripheral plasma progesterone levels during the bovine oestrus cycle. *J Reprd Fert* 1969; 19: 433-442.
71. Wettemann RP, Hafs SD, Edgerton LA, Swanson LV. Estradiol and progesterone in blood serum during the bovine estrous cycle. *J Anim Sci* 1972; 34: 1020-1024.

72. Steel GD, Torrie JH. Bioestadística: Principios y procedimientos. 1ª ed. México; McGraw-Hill, 1985.
73. Ciccioli NH, Wettemann RP, Spicer LJ, Lents CA, White FJ, Keisler DH. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function reproductive performance of primiparous beef cows. *J Anim Sci* 2003; 81: 3107-3120.
74. Frasinelli CA, Casagrande HJ, Veneciano JH. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. EEA San Luis 2004. Información técnica N° 68: 1-17.
75. Rubio I, Castillo E, Soto R, Alarcón F, Murcia C, Galina CS. Postpartum follicular development in Brahman cows under two stocking rates. *Trop Anim Health Prod* 2010; 42:539-545.
76. Arthington J. Early weaning: a management alternative for Florida beef cattle producers. *Boletín del University of Florida IFAS Extención* 2008: AN131: 1-9.
77. Madrigal AMA, Colin NJ, Hallford DM. Influencia de la condición corporal y la bioestimulación sobre la eficiencia reproductiva en vacas de raza Simmental en agostadero. *Vet Méx* 2001; 32: No 2: 87-92.
78. Herd DB, Sprott LR. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Boletín del AgriLife Extención Texas A&M University System* 1998; 1526: 1-12.
79. Corro M, Rubio I, Castillo E, Galindo L, Aluja A, Galina CS, Murcia C. Effect of blood metabolites, body condition and pasture management on milk yield and postpartum intervals in dual purpose cattle farms in the tropics of the state Veracruz, México. *Prev Med Vet* 1999; 38:101-117.

80. Evans HL, Willard ST, King R, Van RC. Case study: Relationships among live animal carcass traits, the estrous cycle, and synchronization of estrus in beef heifers. *Prof Anim Sci* 2004; 20: 453-459.
81. Odhiambo JF, Rhinehart JD, Helmondollar R, Pritchard JY, Osborne PI, Felton EE, Dailey RA. Effect of weaning regimen on energy profiles and reproductive performance of beef cows. *J. Anim. Sci.* 2009; 87: 2428–2436.
82. Webb C, Galina CS, Molina R, Maquivar M, Estrada S. Efectos de dos tipos de destete y la aplicación de un progestágeno sobre la fertilidad en vacas cebuinas (*Bos indicus*). *Arch Med Vet* 2004. XXXVI; No 2: 147-154.
83. Ryan DP, Spoon RA, Griffith MK, Williams GL. Ovarian follicular recruitment, granulose cell steroidogenic potential and growth hormone/insulin-like growth factor-I relationships in suckled beef cows consuming high lipid diets: effects of graded differences in body condition maintained during the puerperium. *Dom An Edoc* 1994;11(2): 161-174.
84. Quesada Y, Estrada S, Cubrero M, García M, Galina C, Molina R, Orihuela A. a note on the effects of calf stimuli on the response of Zebu cows to Synchro-mate-B. *Appl Anim Behav.* 2001; 71: 183-189.
85. Galina CS, Orihuela A, Rubio I. Behavioural trends affecting oestrus detection in zebu cattle. *Anim Rep Sci* 1996; 42: 465-470.
86. Galina CS, Orihuela. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: what we know and what we need to know? *Horm Behv* 2007; 52: 32-38.

87. Pinheiro OL, Barros CM, Figueiredo RA, Do Valle ER, Encarnação RO, Padovani CR. Estrous behavior and estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 1998; 49: 667-681.
88. Solano J, Orihuela A, Galina CS, Montiel F. Sexual behavior of Zebu cattle (*Bos indicus*) following estrous induction by Synchro-mate-B with or without estrogen injection. *Phys Behav* 2000; 71: 503-508.
89. Galina CS, Calderon A, McCloskey M. Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982; 17: No 5: 485-498.
90. Larsen RE, Littell L, Rooks E, Adams EL, Falcon C, Warnick AC. Bull influences on conception percentage and calving date in Angus, Hereford, Brahman and Senepol Single-Sire Herds. *Theriogenology* 1990; 34: No 3: 549-568.
91. Sá Filho M, Ayres H, Ferreira RM, Marques MO, Reis EL, Silva RCP, Rodríguez CA, Madureira EH, Bó GA, Baruselli PS. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. *Theriogenology* 2010; 73: 651-658.
92. Sá Filho M, Crespilho AM, Santos JEP, Perry GA, Baruselli PS. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim Rep Sci* 2010; 120: 23-30.