

01674



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE LA CARGA ANIMAL SOBRE LA EFICIENCIA  
PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE UN HATO  
BRAHMAN Y SUS CRIAS EN EL TROPICO HUMEDO  
DE MEXICO**

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
PRODUCCION Y DE LA SALUD ANIMAL**

PRESENTADA POR

**MVZ. FERNANDO ALARCON RUIZ**

TUTOR: PhD. CARLOS GALINA HIDALGO

COMITE TUTORAL: CARLOS GALINA H.  
IVETTE RUBIO G.  
ALEJANDRO VILLA G.



MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México.*

*A la Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia.*

*Al Centro de Enseñanza, Investigación y extensión en Ganadería Tropical "El Clarín".*

*A la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS, Suecia), por el apoyo financiero para la realización del estudio. No de proyecto: B/2213-2.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgar la beca - crédito de manutención.*

*A la MSc. Ivette Rubio Gutiérrez, por darme la oportunidad, por enseñarme una disciplina y por darme tu amistad. Me siento orgulloso de haber vencido al "fantasma de mal estudiante" que veías reencamado en mí.*

*Al PhD. Carlos Galina Hidalgo, por obligarme a pensar, por la paciencia que me tuvo y que fue desesperadamente grande para usted y exageradamente corta para mí.*

*Al MSc. Epigmenio Castillo Gallegos, por su apoyo en la realización de la parte estadística y edición del escrito; por que veo que el profesionalismo, la paciencia y el humor se pueden mezclar perfectamente en un hombre. Es usted un buen vecino.*

*A mi Honorable Jurado: Dr. Alejandro Villa G, Dr. Joel Hernández C, Dr Andrés Aluja S, Dr. Fernando Pérez-Gil R y Dr. Carlos Galina H.*

*Al Dr. Andrés Aluja S. y al Dr. Jorge Amando Alvarez L., quienes me brindaron todas las facilidades y tipo de ayudas que fueron de fundamental importancia en la realización del presente estudio.*

*A la MVZ. Clara Murcia M. y MVZ. Susana Rojas M. por su invaluable colaboración para el radioinmunoanálisis.*

*A la Sra. Victoria Alfonso V. por su hospitalidad y sinceridad.*

*A mis compañeros del Clarín: "Gil", Omar, "Buzz", Orlando, Victor, Sabino, "Gabo", "Dot", Gloria, etc.*

**CONTENIDO**

<b>TITULO</b>	I
<b>DEDICATORIAS</b>	II
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	III
<b>RESUMEN</b>	IV
<b>ABSTRACT</b>	V
<b>CONTENIDO</b>	VI-VII
<b>LISTA DE CUADROS</b>	VIII-IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	X-XI
<b>INTRODUCCION</b>	1-8
<b>REVISION DE LITERATURA</b>	
Pastoreo y pastizales	9-12
Efecto de la cría y el amamantamiento sobre la reproducción	13-16
Efecto de la condición corporal (cc) sobre la reproducción	17-20
Foliculogénesis y ultrasonografía	21-25
<b>HIPOTESIS</b>	26
<b>OBJETIVO</b>	26
<b>MATERIAL Y METODOS</b>	
Localización	26
Clima	26
Características y manejo de los animales	26
Periodos experimentales	27
Manejo de los becerros	27
Medicina preventiva	27-28
Manejo reproductivo	28
Medición del peso vivo (PV) y de la condición corporal (CC)	28
Muestras sanguíneas	28-29
Registros ultrasonográficos	29-30
Manejo del pastoreo	30
Disponibilidad, consumo y análisis químico del forraje	30-31
Análisis estadístico	31-36
<b>RESULTADOS</b>	
<u><b>Eficiencia productiva</b></u>	
Cambios del peso vivo de las vacas	37-38
Cambios de la condición corporal de las vacas	38-39
Cambios del peso vivo de los becerros	39-40
<u><b>Eficiencia reproductiva</b></u>	
Índice de hembras inseminadas	40
Actividad ovárica posparto	40-41
Índices de fertilidad	41
<u><b>Progesterona plasmática</b></u>	
Duración del ciclo estral	42
Días y concentración máxima de progesterona al primer ciclo estral detectado	42-43

Número de ciclos estrales	43-44
<u>Estructuras ováricas</u>	
Diámetro folicular	44-45
Diámetro del cuerpo lúteo	45
<u>Disponibilidad de materia seca presente (MSP) y consumo de materia seca</u>	
Disponibilidad de MSP/potrero y MSP/potrero/100 kg de PV	45
Disponibilidad de MSP/ha y MSP/ha/100 kg de PV	45-46
Consumo de materia seca	46
<u>Análisis químico proximal (AQP)</u>	
AQP de las muestras de forraje	46-47
AQP de las muestras de forraje antes y después del pastoreo	47
AQP de las partes que componen las muestras de forraje (hoja, tallo)	47
AQP de las muestras de concentrado	47
<b>DISCUSION</b>	
<u>Eficiencia productiva</u>	
Cambios del peso vivo de las vacas	48-50
Cambios de la condición corporal de las vacas	50-52
Cambios del peso vivo de los becerros	53-57
<u>Eficiencia reproductiva</u>	
Índice de hembras inseminadas	58-59
Actividad ovárica posparto	59-61
Índices de fertilidad	61-64
<u>Progesterona plasmática</u>	
Duración del ciclo estral	64-65
Días y concentración máxima de progesterona al primer ciclo estral detectado	65-67
Número de ciclos estrales	67-68
<u>Estructuras ováricas</u>	
Diámetro folicular	68-70
Diámetro del cuerpo lúteo	70-71
<u>Disponibilidad de materia seca presente (MSP) y consumo de materia seca</u>	
Disponibilidad de MSP/potrero y por hectárea	71-72
MSP/potrero y por hectárea/100 kg de PV	72-73
Consumo de materia seca	73-74
Análisis químico proximal	74-75
<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	79-87
<b>ANEXOS</b>	
Cuadros	88-93
Figuras	94-108

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Comportamiento del peso corporal posparto en vacas Brahman gestantes y no gestantes antes de los 180 días, mantenidas en un sistema de pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 2. Comportamiento de la condición corporal posparto en vacas Brahman gestantes y no gestantes antes de los 180 días, mantenidas en un sistema de pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja 1.8 = vacas/ha).

Cuadro 3. Comportamiento del Peso Vivo de becerros F1 (Holstein x Brahman) de madres Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 4. Desempeño reproductivo (porcentajes de inseminación) de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 5. Comparación de algunos parámetros reproductivos de vacas Brahman que pastaron en gramas nativas a dos niveles de carga animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 6. Desempeño reproductivo de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 7. Días y concentración máxima de P4 a la primera elevación de progesterona (PEP<sup>4</sup>) en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 8. Número de folículos de diferente diámetro presentes desde 21 días posparto hasta antes del primer ciclo estral y durante el primero, segundo y tercer ciclo en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 9. Número de folículos de diferente diámetro, presentes desde 21 días posparto hasta antes del primer ciclo estral y durante un ciclo en cada ovario (izquierdo y derecho) en vacas Brahman en pastoreo.

Cuadro 10. Estimación del consumo voluntario de forraje y proteína cruda de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Cuadro 11. Comparación de Medias  $\pm$  Error Estandar de los componentes del análisis químico proximal de las muestras de forraje tomadas de praderas pastoreadas por vacas Brahman a dos niveles de carga animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha), en el trópico húmedo de México.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Cambios en el peso vivo pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha)

Figura 2. Regresión lineal múltiple del cambio en el peso vivo postparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 3. Cambios en la condición corporal pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 4. Regresión lineal múltiple del cambio en la condición corporal postparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 5. Cambios en la condición corporal (CC) pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo que recibieron (IA) o no (No IA) inseminación artificial.

Figura 6. Cambios en el peso vivo (PV) postnacimiento de los becerros de vacas Brahman en pastoreo. Efecto de : a) carga animal, b) sexo del becerro, condición de la madre c), inseminada o no inseminada antes de los 180 días posparto y d) gestante o no gestante antes de los 180 días posparto.

Figura 7. Porcentaje de vacas inseminadas por mes en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 8. Índices de fertilidad de vacas Brahman que pastaron en gramas nativas a dos cargas animal (alta 2.8 = vacas/ha y baja 1.8 = vacas/ha).

Figura 9. Índice de vacas Brahman inseminadas y gestantes en relación al número de servicios que pastaron en gramas nativas a dos cargas animal (alta 2.8 = vacas/ha y baja 1.8 = vacas/ha).

Figura 10. Proporción de ciclos de acuerdo a la longitud del mismo (normal = 18 a 23 días, corto = 11 a 17 días y largo = 24 a 30 días) en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 11. Perfil de la concentración de progesterona (ng/ml) en vacas con ciclo normal y en vacas que quedaron gestantes, pastoreando bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).



Figura 12. Número de ciclos en vacas que se inseminaron o no y que quedaron gestantes o no antes de los 180 días en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 = vacas/ha).

Figura 13. Perfil de la concentración de progesterona (ng/ml) en vacas Brahman de acuerdo al número de ciclos presentados.

Figura 14. Número de folículos de diferente diámetro (< a 4, de 6 a 8 y > a 9 mm) durante un ciclo en ambos ovarios en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 15. Número de folículos de diferente tamaño (< a 5 mm, de 6 a 8 mm y > a 9 mm) durante un ciclo en las vacas de la carga alta.

Figura 16. Número de folículos de diferente tamaño (< a 5 mm, de 6 a 8 mm y > a 9 mm) durante un ciclo en las vacas de la carga baja.

Figura 17. Número de folículos de diferente tamaño a) < a 5 mm, b) de 6 a 8 mm, c) > a 9 mm. a lo largo de un ciclo en vacas Brahman bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 18. Materia seca presente por ha (kg/MSP/ha = línea continua \_\_\_\_\_) y por potrero (kg/MSP/potrero = línea punteada .....), así como disponibilidad de forraje (kg/MSP/100 kg de PV) antes y después del pastoreo en dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 19. Materia seca presente por hectárea (kg/MSP/ha) por mes antes del pastoreo en potreros de dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 20. Análisis químico proximal de las muestras de forraje en dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha).

Figura 21. Análisis químico proximal de las muestras de forraje por mes.

Figura 22. Análisis químico proximal de las muestras de forraje antes y después del pastoreo.

Figura 23. Análisis químico proximal de las muestras de forraje por separado (hoja y tallo).

Figura 24. Análisis químico proximal del concentrado administrado a becerros Brahman desde los cuatro y hasta los seis meses.

**ALARCON RUIZ FERNANDO. Efecto de la carga animal sobre la eficiencia productiva y reproductiva de un hato Brahman y sus crías en el trópico húmedo de México (Tutor: Carlos Galina Hidalgo).**

**Resumen.**

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la carga animal sobre la eficiencia productiva y reproductiva de vacas Brahman en pastoreo. El experimento se realizó en el CEIEGT de la FMVZ, UNAM, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Se utilizaron 22 vacas Brahman múltiparas, con un peso de  $545 \pm 55$  kg, en cada una de las cargas, (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha) Se registró quincenalmente el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) de las vacas desde 60 días antes del parto hasta los 180 días posparto. Los becerros fueron pesados cada 15 días a partir del nacimiento y el destete se realizó a los 4 meses, recibiendo a partir de ese momento 1 kg diario de alimento concentrado con 14% de PC y 3.2 Mcal/kg. Se detectaron calores dos veces al día por espacio de una hora cada observación (06:00 y 17:00 hrs) inseminando a la vaca que entraba en celo. El pastoreo fue rotacional intensivo con 10 divisiones, 3 días de ocupación y 27 de descanso, predominando las gramas nativas. Cada tercer día, desde los 21 días posparto hasta el diagnóstico de gestación o hasta los 180 días posparto, lo que ocurriera primero, se tomaron muestras sanguíneas para medir las concentraciones de progesterona ( $P_4$ ) y se practicó ultrasonografía transrectal para evaluar los cambios de la actividad folicular. Se estimó el consumo, al medir la materia seca presente (MSP) antes y después del pastoreo (kg MS/100 kg PV). El porcentaje de vacas inseminadas antes de los 180 días, fue menor en la carga alta (72.7 vs 95.5%) ( $p < 0.05$ ). La CC de las vacas inseminadas a 120 y 180 días posparto fue mayor que la CC de las no inseminadas (2.5 vs. 2.1 y 2.7 vs. 2.4 respectivamente) ( $p < 0.05$ ). La carga animal no mostró efecto sobre el peso al nacimiento, a los 120 ni a los 180 días posnacimiento ( $p > 0.05$ ); sin embargo, el peso en kg/becerro destetado/ha fue 1500 kg menor en la carga baja ( $p < 0.05$ ). La carga animal no mostró efecto sobre: PV al parto, a 120 días, ni a 180 días, tampoco sobre días a primer folículo dominante, a primer folículo ovulatorio, ni a primera inseminación artificial, tampoco en el número de servicios por concepción, en el porcentaje de fertilidad, en la concentración de  $P_4$ , ni en el número de ciclos estrales. La falta de significancia en todas estas variables, es atribuida a que el consumo de MSP con relación al PV fue similar en ambas cargas con  $2.12 \pm 1.22\%$  para la carga alta y  $2.42 \pm 0.93\%$  para la carga baja. A pesar de que ambas cargas superaron por mucho a la tradicional de la región (1 vaca/ha/año), se plantea la necesidad de realizar estudios posteriores en los que se incremente la diferencia entre las cargas animal utilizadas y que el periodo de estudio sea de una duración mayor (2-3 años), así mismo, que se contemple una sección de análisis económico que permita evaluar el costo beneficio al aumentar la carga animal.

**Palabras clave:** carga animal, pastoreo, posparto, materia seca, peso vivo, condición corporal.

**ALARCON RUIZ FERNANDO. Effect of the stocking rate over the productive and reproductive efficiency in Brahman cows and calves in the humid tropics of Mexico. (Under the supervision of: Carlos Galina Hidalgo).**

**Abstract.**

The objective in the present study was to determine the effect of the stocking rate over the productive and reproductive efficiency in Brahman cows raised under grazing conditions. The experiment was carried out in the experimental station (CEIEGT- FMVZ – UNAM) located in Tlapacoyan, Veracruz. 22 multiparous Brahman cows with an average body weight of  $545 \pm 55$  kg, were used in each one of the two treatments selected for the study (high stocking rate = HSR = 2.8 cows/ha and low stocking rate = LSR = 1.8 cows/ha). The body weight (BW) and the body condition (BC) of the cows was registered every fifteen days starting 60 days before calving until 180 days postpartum. The BW of the calf was measured and registered every fifteen days, starting from birth until weaning at four months. Supplementation in the calves started at weaning with 1 kg/day of concentrate (16% protein). Animals were observed for estrus twice daily for an hour (06:00 and 17:00 hrs) and inseminated 8-12 after the onset of estrus. The grazing system was intensive, with animals rotating in 10 paddocks, 3 days of occupation and 27 of rest. The paddocks were planted with a mixture of native grasses. Every 3<sup>rd</sup> day, blood samples were taken for measurement of progesterone (P4). Follicular activity was carried out using ultrasonography. Both techniques started 21 days after calving and ended at 180 days or when the animal was pregnant. The dry matter (DM) of the grass was measured after and before grazing (kg/DM/100 kg BW). The percent of cows inseminated before 180 days was less in the HSR (72.7 vs. 95.5) ( $p < 0.05$ ). The BC at 120 and 180 days postpartum in cows inseminated was higher than BC on cows not inseminated (2.5 vs. 2.1 y 2.7 vs. 2.4) ( $p < 0.05$ ). There was a tendency ( $p < 0.10$ ) for the number of follicles to be lower in the HSR than in the LSR ( $p < 0.05$ ). The comparison of the stocking rates showed no effect over the BW of cows at calving, or at 120 or 180 days after calving, neither over the days at the first dominant follicle, first ovulatory follicle, first artificial insemination, number of services for conception, percent of fertility, progesterone concentration, or the number of estrous cycles. The lack of significance in each of these variables was probably due to the consumption of dry matter in relation to BW ( $2.12 \pm 1.22\%$  for the HSR and  $2.42 \pm 0.93\%$  for LSR. In spite than the two stocking rates were higher than the ones used in the region (1 cow/ha/year) no major differences were found. There is a need for further research taking into consideration long term studies to measure the cost-benefit of these interventions.

**Key words:** stocking rate, grazing, postpartum, dry matter, body weight, body condition.

**ALARCON RUIZ FERNANDO. Efecto de la carga animal sobre la eficiencia productiva y reproductiva de un hato Brahman y sus crías en el trópico húmedo de México (Tutor: Carlos Galina H).**

## **INTRODUCCIÓN**

La alimentación del ganado en las zonas tropicales, está basada principalmente en los pastos nativos, cuya principal característica es de ser el alimento más barato, sin embargo, su calidad alimenticia generalmente es pobre y son incapaces de proveer los requerimientos nutricionales de los animales.<sup>1,2</sup> Se considera que el pasto es el alimento más barato y la forma más eficiente de proporcionarlo es mediante un sistema de pastoreo adecuado.<sup>3</sup>

La ineficiencia de la alimentación del ganado en los trópicos se atribuye en gran parte a los sistemas de manejo y utilización de las praderas o agostaderos existentes, ya que predomina el sistema extensivo con base en el pastoreo de las especies nativas, consideradas como el principal recurso forrajero de esta región.<sup>4</sup> En el trópico húmedo, la experiencia de los ganaderos, los ha llevado a establecer de manera tradicional, una carga animal equivalente a 1.4 UA/ha, puesto que al tratar de elevarla, han encontrado a mediano o largo plazo resultados adversos o contraproducentes.<sup>5</sup> Cuando se maneja una carga animal baja, la producción por animal (kg/carne) es mayor dado que el animal tiene una mejor oportunidad de selección, pero la producción de carne por hectárea es baja. A medida que la carga animal aumenta, la ganancia por animal disminuye, pero se incrementa la ganancia por hectárea hasta el punto de intersección de las líneas de ganancia por animal y por hectárea que corresponde a la carga animal óptima. Si se continúa aumentando la carga animal se crea una competencia por forraje al punto que el animal no alcanza a llenar sus requerimientos y la producción por animal y por hectárea disminuye considerablemente, de tal forma que la producción será nula cuando el animal consume solamente lo necesario para cubrir sus necesidades de mantenimiento.<sup>4,6,7</sup>

En el pastoreo continuo se trabaja probablemente con una productividad casi tres veces menor que la obtenida con un pastoreo racional bien dirigido.<sup>7</sup> En un sistema de pastoreo continuo bajo condiciones tropicales, el rango de utilización de las pasturas es del 10 al 40%.<sup>8</sup> Es paradójico que la principal característica del trópico sea su alta capacidad forrajera y al mismo tiempo que sea la alimentación su mayor problema.<sup>6</sup> Un estudio realizado por Ramos<sup>9</sup> en 4 municipios de la región Centro-Norte del Estado de Veracruz, indicó que la productividad de los hatos es baja, debido a la marcada estacionalidad en la producción y a la baja calidad de las pasturas. En el mismo trabajo se determinó que la carga promedio de la zona es de 1.4 UA/ha. Otro estudio realizado en la misma región por Corro et al.<sup>10</sup> indicó que la carga animal de los ranchos muestreados varió de 0.4 a 1.5 UA/ha. Durante los últimos cinco años, en el CEIEGT, se ha manejado una carga de 2 UA/ha/año bajo condiciones de pastoreo intensivo y sin fertilización.<sup>11</sup>

Con estos antecedentes, se seleccionaron dos cargas, una muy cercana (1.7 vacas/ha) a la implementada en el CEIEGT y otra que es una unidad mayor (2.7 vacas/ha), intentando demostrar que el uso conservador de la carga animal reditúa en menor producción por hectárea y parámetros reproductivos menos eficientes.

Uno de los problemas más importantes que enfrenta la ganadería nacional para su óptimo desarrollo es la alimentación adecuada del ganado ya que representa un 70% en promedio de los costos directos de producción.<sup>4</sup> Con el fin de abatir los costos y obtener altos niveles de eficiencia se debe utilizar una dieta basada en forrajes de alta calidad tratando de ajustar las tasas de crecimiento de los forrajes y su calidad nutricional con los requerimientos de los animales en pastoreo.<sup>3,12</sup>

Los pastizales en el trópico húmedo mexicano están formados principalmente por gramas nativas (*Paspalum notatum*, *Paspalum conjugatum*, *Axonopus affinis*, *Axonopus compressus*) que ocupan, dependiendo de la región, entre un tercio y tres cuartos de las áreas de pastoreo. Los zacates introducidos o naturalizados procedentes de Africa como el zacate estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), guinea (*Panicum maximum*), pangola (*Digitaria decumbens*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*), elefante (*Pennisetum purpureum*) ocupan el resto.<sup>4</sup> Las zonas tropicales de

México, son una excelente alternativa para la alimentación del ganado bovino, sin embargo, la desigualdad durante el año en la calidad, cantidad y también en la palatabilidad de los pastos, determina una gran variabilidad en la capacidad de carga animal.<sup>6</sup>

En estas regiones existen meses del año donde la oferta de pasto es limitante y además la calidad del forraje disminuye drásticamente en términos de contenido de proteína cruda y energía metabolizable necesaria para el desarrollo de los animales. La estacionalidad en la producción de forraje, es uno de los problemas que más afectan la alimentación de los animales, la cual se refleja en épocas de abundancia y exceso frente a periodos de escasez y subalimentación.<sup>6,13-16</sup> Bajo algunas condiciones y sobre todo en ciertas épocas del año es difícil mantener una disponibilidad de forraje adecuada para las vacas y sus becerros, por ejemplo en el verano y en el invierno donde el crecimiento forrajero es mínimo. Las deficiencias nutricionales de las pasturas durante el verano son comunes en las regiones donde la sequía es parte normal de la región climática.<sup>11</sup> El mejoramiento de las praderas es más fructífero cuando está encaminado a solucionar el estrés provocado durante las épocas críticas en la producción animal (parto, destete, empadre). La restricción en la ingestión de nutrimentos es probablemente el mayor factor que limita la producción de los animales en pastoreo, por lo que los cambios en las prácticas de manejo son de primordial importancia.<sup>13,16</sup>

Una alternativa ante la problemática es la rotación de potreros, una práctica que mejora sensiblemente la calidad de los forrajes tropicales ya que permite que en el periodo de descanso, se presente una buena y rápida recuperación, en tanto que durante la ocupación (pastoreo) se remueve todo el forraje maduro lo que estimula el rebrote, característica principal de las pasturas.<sup>6</sup>

En los últimos años, el uso del pastoreo de alta densidad ha despertado gran interés entre los ganaderos, debido principalmente a que se ha mencionado que mediante el pastoreo de alta densidad es posible incrementar la carga animal y la producción de carne hasta el doble de lo que se puede lograr con el manejo tradicional.<sup>4</sup>

Bajo condiciones tropicales es común encontrar tiempos de amamantamiento de hasta 8-9 meses con la consiguiente disminución de los parámetros reproductivos de la vaca, debido al anestro influenciado por la presencia de la cría.<sup>17,18</sup> Se han realizado diferentes estudios para reducir el efecto del amamantamiento sobre el posparto de la vaca, las técnicas más comúnmente empleadas se enfocan en disminuir la duración del amamantamiento mediante la separación temporal o permanente del becerro.<sup>19</sup>

Pimentel *et al.*<sup>20</sup> demostró que el destete temprano (durante los primeros 90 días posparto) podría incrementar el grado de concepción hasta en un 43% y reducir el tiempo del anestro posparto hasta en un 46% comparado con las vacas cuyos becerros eran destetados hasta los 200 días postparto. De manera similar Salcedo *et al.*<sup>21</sup> encontraron que al finalizar un periodo de empadre de 60 días, se podría incrementar el porcentaje de preñez de 36 a 86%, en vacas cuyos becerros eran destetados tempranamente; y que un 82% de éstas vacas quedaban preñadas durante los primeros 30 días del empadre en comparación con el 33% de las vacas en amamantamiento tradicional.

Disminuir el tiempo de amamantamiento, para que el efecto del anestro posparto sea menor sin afectar el desarrollo de la cría es un problema de las zonas dedicadas al pastoreo. Se han efectuado diversos estudios sobre el efecto del peso y edad al destete y la consiguiente incorporación de los becerros al pastoreo, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en las ganancias diarias de peso vivo, como lo demuestra el trabajo de Iglesias *et al.*<sup>22</sup> quienes utilizaron pesos de incorporación al pastoreo de 90, 120 y 150 kg de PV y cuyas ganancias hasta los 180 días fueron 0.520, 0.460 y 0.500 Kg/día respectivamente.

Un trabajo realizado en el CEIEGT, por Suárez<sup>23</sup> quien utilizó dos tiempos de destete (2 y 4 meses de edad), con tres cargas animal (1.6, 2.6 y 2.9 animales/ha), mostró que con base en la eficiencia reproductiva y el costo beneficio, el tiempo de destete más adecuado era a los 4 meses de edad del becerro.

La nutrición es uno de los factores más importantes que determinan la eficiencia en la reproducción del ganado de carne. El estado nutricional y la actividad

reproductiva se encuentran estrechamente relacionados. El balance energético negativo presente en la lactación temprana de la vaca, interfiere con algunos eventos fisiológicos tales como la involución uterina, el reinicio de la actividad ovárica y la manifestación del celo. Los pastos tropicales no satisfacen los requerimientos nutricionales (energía, proteína, minerales), durante el posparto temprano, por lo que la vaca necesita remover sus reservas corporales para cubrir las deficiencias propias de la dieta.<sup>10,24,25</sup>

Se han realizado diferentes estudios<sup>1,6,26-31</sup>, del efecto de la carga animal sobre la eficiencia productiva y reproductiva de un hato bovino, sea lechero o productor de carne, mantenido bajo condiciones de pastoreo, en los que se plantean los resultados benéficos o adversos de elevar la carga animal. Los resultados dependen, sobre todo, de rebasar o no la carga animal óptima que pueda implementarse en el potrero de acuerdo a las condiciones climáticas y el sistema de pastoreo empleado.

Valdés *et al.*<sup>26</sup> bajo condiciones tropicales, estudiaron el efecto de 3 cargas animal (3, 5 y 7.5 animales/ha) en praderas fertilizadas y establecidas con pasto bermuda, pangola y guinea, sobre los cambios del peso vivo en animales criollos para abasto. Los animales empleados fueron F1 Holstein x Cebú que iniciaron el periodo experimental con 8-10 meses de edad. En estos sistemas sólo se logró el peso adecuado para el sacrificio (360 kg) con la carga de 3 animales/ha a una edad de 25 meses; mientras que en las cargas 5 y 7.5 animales/ha, a esa misma edad, los animales sólo tenían 250 kg de PV.

Los resultados negativos en las ganancias diarias de peso al utilizar cargas superiores a 3 animales/ha, sirvieron como base para realizar otras investigaciones<sup>27,28</sup> utilizando las mismas especies forrajeras pero empleando cargas de 2, 3.3 y 5 animales/ha. El pasto pangola a una carga de 2 animales/ha resultó ser la mejor variante en cuanto a las ganancias individuales con 600g/animal/día; sin embargo al aumentar la carga a 3.3 animales/ha, produjo ganancias moderadas en todas las especies (390, 440 y 360 g/animal/día para pangola, bermuda y guinea, respectivamente), que permitieron una edad al



sacrificio de 24 meses. La variante que resultó menos benéfica fue la del pasto guinea a 5 animales/ha, con una producción que escasamente alcanzó los 300 g/animal/día.

Pereira y Batista,<sup>30</sup> bajo condiciones tropicales evaluaron el efecto de la carga animal sobre la fase de engorda final de toros con un peso vivo inicial de 278 kg y 18 meses de edad utilizando potreros con los pastos llanero, pangola y braquiaria y las ganancias para las cargas 2, 3 y 4 animales/ha, fueron de 592, 382 y 391 g/animal/día, respectivamente. La mejor variante fue la de pasto pangola con 2 animales/ha (648 g/animal/día) y la menos eficiente fue la del llanero con una carga de 3 animales/ha (272 g/animal día). Sin embargo al considerar las ganancias de PV por área, se observa que el mejor tratamiento fue el de 4/animales/ha, con 456 kg/ha/periodo (10 meses), mientras que fueron 348 y 334 kg/ha/periodo para 2 y 3 animales/ha.

Otro estudio realizado sobre engorda inicial de animales cebú que evaluó el desempeño de pasto llanero, pangola y braquiaria, fertilizados con 100 kg N/ha, a una carga de 3 animales/ha sin suplementación; demostró mejores resultados del pasto llanero, con 854 g/animal/día y solo 762 y 631 g/animal/día para el pasto pangola y braquiaria, respectivamente; mientras que a una carga de 4.5 animales/ha fue mejor el pangola (749 g/animal/día) sobre las otras especies que fueron menos eficientes (699 y 457 g/animal/día para llanero y braquiaria respectivamente); sin embargo la elevación de la carga en todas ellas incrementó la producción por área, que fue mayor en llanero con 752 kg/ha/año.<sup>29</sup>

Vera,<sup>1</sup> bajo condiciones tropicales en novillas Brahman, en pastoreo continuo, con un peso inicial de 171 kg y 441 día de edad, y tres cargas animal (2.7, 1.9 y 1.4 animales/ha), no encontró diferencias estadísticamente significativas en el peso a la concepción con 290 kg para las tres cargas, sin embargo la edad a la concepción se redujo al disminuir la carga con 1223, 1066 y 1036 días para 2.7, 1.9 y 1.4 animales/ha respectivamente, lo cual demostró que las cargas altas tuvieron un efecto detrimental sobre dicha variable.

En un trabajo realizado por Hernández *et al.*<sup>31</sup> bajo condiciones tropicales en novillas en pastoreo continuo, con acceso a un banco de proteína establecido con *Leucaena*, se evaluó el efecto de dos cargas animal (2 animales/ha y 2.7 animales/ha) sobre el peso y edad a primer servicio, encontrando que en la carga menor se alcanzaron los mejores valores con un peso de 285 kg y 22 meses de edad; mientras que para la carga mayor fueron 276 kg y 25 meses de edad. Aquí también, el incremento en la carga, mostró efectos negativos al disminuir las ganancias diarias de peso (407 vs 300 g/animal/día).

McDougall *et al.*<sup>32</sup> evaluaron el efecto de la carga animal y la raza sobre el periodo de anestro posparto en vacas lecheras en pastoreo. Las vacas Friesian, mantenidas a una carga de 4.0 UA/ha, presentaron el mayor intervalo del parto a la primera ovulación con 49.2 días, y dicho intervalo disminuyó a 29.4 días cuando la carga fue de 3 UA/ha. Las vacas Jersey presentaron un intervalo de 24.7 y 31.1 días cuando la carga fue de 3.5 y 4.5 UA/ha respectivamente. De igual manera, las vacas Friesian, a una carga de 4.0 UA/ha, presentaron el mayor intervalo del parto al primer estro con 52.2 días, y dicho intervalo disminuyó a 35.3 días cuando la carga fue de 3 UA/ha. Las vacas Jersey presentaron un intervalo de 30.9 y 38.9 días cuando la carga fue de 3.5 y 4.5 UA/ha respectivamente. El promedio de condición corporal (escala del 1 al 10) fue mayor para vacas de la carga animal baja (4.8 vs. 4.1) y perdieron menos condición durante el primer mes de lactación (0.4 vs. 0.7) que los animales de carga alta. Asimismo, el peso vivo de los animales de la carga animal alta fue menor (363 vs. 385 kg) y también produjeron menos leche (1.6 vs. 2.3 kg) que los animales de la carga alta.

Todo lo anterior permite sugerir que la implementación de la carga animal depende de una serie de un sinúmero de factores que se interrelacionan entre sí, proporcionando una serie de combinaciones que hacen difícil dictaminar de manera imparcial si una carga animal es mejor que otra e incluso si es alta o baja, sin considerar de antemano todos los factores imperantes bajo una condición y tiempo específicos.

Elevar la producción por unidad de superficie de pradera, consiste en que pasten el mayor número posible de cabezas sin que disminuya su producción individual por competencia por la pastura y sin deteriorar a esta.<sup>6</sup> Para que en el sistema de pastoreo racional se logre una óptima eficiencia en la cosecha del forraje disponible, así como en la eficiencia de la explotación en términos de producción y economía (por el aumento en el número de animales por hectárea más que por el aumento en producción por animal), es indispensable utilizar la máxima carga animal que soporta el pasto.

La producción animal depende en gran medida de la cantidad y calidad del forraje consumido; por lo tanto parte del éxito del productor depende de la adopción de métodos de manejo del pastizal que permitan suministrar las cantidades necesarias de nutrimentos para lograr una máxima ganancia por animal, conservando a la vez, los excedentes y protegiendo las pasturas del sobrepastoreo en los periodos de crecimiento lento.

Con estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dos cargas (2.8 y 1.8 vacas/ha carga alta y baja respectivamente) sobre los parámetros productivos y reproductivos de vacas Brahman y sus crías en pastoreo, destetadas a los 4 meses. El utilizar cargas animal superiores a la comúnmente utilizada en la zona (1.4 UA/ha)<sup>5,9</sup> se plantea como alternativa para optimizar el manejo de los potreros.

## REVISION DE LITERATURA

### Pastoreo y pastizales

El aprovechamiento de la pastura por el animal es un proceso conocido como pastoreo, el cual se caracteriza por el consumo de las plantas presentes en el pastizal por el animal, a través de la defoliación. El pastoreo es un sistema en el que se observan tres fases importantes y participan la planta y el animal para lograr la producción. La primera de ellas se refiere al crecimiento de la biomasa forrajera, que tiene como base a los recursos suelo, clima y la misma planta; posteriormente, la segunda fase es conformada por la parte de utilización de esta biomasa a través del consumo y finalmente, la conversión de la biomasa en producto animal como la fase más importante.<sup>33</sup>

Se han usado distintos términos para describir las relaciones entre el número de animales por unidad de área, o bien, los recursos forrajeros del pastizal usados para sostener cierta cantidad de animales. La carga animal y la presión de pastoreo son dos de tales términos.

La carga animal es el número de animales de una clase específica por unidad de área que es útil cuando se considera la producción de un sistema de pastoreo. Con relación a carga animal, es importante estandarizar la expresión, usando alguna unidad que uniforme al tipo de animal, o bien, crear un "animal patrón". Quizá la mejor manera de estandarizar sería contabilizar el peso total sostenido por la pastura y dividirlo por el peso que se defina como unidad animal (UA), por ejemplo UA = 450 Kg de PV. La carga animal es el número de animales por unidad de área por periodo largo (generalmente un año). La densidad de carga se refiere al número de animales por unidad de área por periodo corto (cuatro días o menos).<sup>34,35</sup> La presión de pastoreo se define como el número de animales de una clase específica por unidad de peso de forraje o como kilogramo de peso vivo animal por kilogramo de materia seca de forraje; se puede usar la expresión inversa u oferta de forraje (Kg de MS de forraje/kg de PV).<sup>33</sup>

En una carga animal baja, debido a la extensión del terreno y a la disponibilidad del forraje, la baja presión de pastoreo, permite que el ganado seleccione en la

pradera las plantas más nutritivas y en las mismas plantas las partes que son más nutritivas (hojas).<sup>36</sup>

Los rumiantes prefieren el forraje fresco al seco, el forraje tierno al fibroso y las hojas a los tallos. En una pradera establecida, el ganado seleccionará primero las hojas y cuando la disponibilidad de forraje disminuya, se verá forzado a cosechar los tallos<sup>16</sup> por lo tanto la cantidad y calidad de la dieta seleccionada por los animales en pastoreo dependerá de la intensidad de defoliación.<sup>37</sup>

Se ha demostrado que la hoja es el componente más importante de la pradera y que la producción y porcentaje de hojas, y la densidad total de material verde (hoja y tallo) son los factores que tienen mayor influencia en la ingestión en animales en pastoreo.<sup>37</sup>

La madurez del pasto tiene un gran efecto sobre la producción y estructura de la pradera, así como en el valor nutritivo de las pasturas tropicales. Un animal en pastoreo selecciona diferentes especies de plantas así como también las partes más frescas como la hoja. Cuando la producción de forraje es baja, los animales tienen dificultad para la prensión de bocados suficientemente grandes para alcanzar una máxima ingestión de nutrimentos<sup>13</sup> y cuando los animales pastorean forraje con una elevada producción y maduro, tienen dificultad para ingerir suficiente alimento que satisfaga sus requerimientos nutricionales, debido a que el tiempo empleado en la prensión del alimento, sobre dichas praderas es excesivamente largo.<sup>38</sup>

El tamaño máximo de la planta que la vaca puede aprisionar es cuando esta contiene la proporción más alta de hojas accesibles y en las plantas tropicales éste estado de crecimiento se presenta alrededor de las cuatro semanas. Los rebrotes del pasto en un periodo menor (2 semanas) contienen una elevada proporción de hojas pero su densidad total es baja y cuando la madurez del pasto es mayor del óptimo (6-8 semanas) la producción y densidad es alta pero también lo es la proporción de tallos que dificulta el acceso a las hojas. En condiciones tropicales o templadas, existe un estado óptimo de crecimiento para cada especie forrajera, que permite al animal en pastoreo prensar grandes cantidades de

forraje; la insuficiencia y la indisponibilidad del forraje restringen la ingestión en estados tempranos o tardíos del crecimiento forrajero.<sup>14</sup>

Debido a los cambios en las características climáticas del trópico húmedo, se favorece la producción de forrajes de buena calidad, en una época (primavera), mientras que en otras (verano) se produce una pastura de menor calidad nutricional al poseer una baja digestibilidad consecuencia de un alto contenido de fibra, o el crecimiento de la masa forrajera, se ve disminuido por la gran nubosidad (invierno).<sup>6</sup>

Para que los nutrimentos de la planta puedan estar disponibles y sean aprovechados por el ganado debe de emplearse una carga animal apropiada considerando el tipo de pasto, ecosistema y sistema de pastoreo. Bajo condiciones de trópico, después de 4 días surgen los rebrotes, los cuales son factibles de consumir por el ganado.<sup>7</sup>

Las características climáticas de las zonas cálido – húmedas (radiación, humedad, y temperatura elevadas), permiten un proceso fotosintético intenso que se traduce en mayor velocidad del crecimiento y recuperación de los pastos, lo que a su vez provoca que en estas regiones exista una elevada producción y rendimiento de forraje (materia seca); sin embargo dichas características son también las responsables de un pronto envejecimiento y lignificación de la materia verde y con ello pérdida de calidad.<sup>6</sup>

El sistema de producción en pastoreo, depende de las características genéticas del animal, de los aspectos del sistema de manejo del pastizal y de las características nutritivas de la pastura. El análisis adecuado del manejo de pastizales debe comprender los aspectos referentes al pastizal, el propio manejo de la pastura y el preciso efecto del pastoreo.<sup>33</sup>

Es conocido que tanto el subpastoreo (baja carga animal) como el sobrepastoreo (excesiva carga animal) causan efectos negativos sobre el rendimiento y persistencia de la pastura y por ende sobre la productividad del hato. En muchas regiones tropicales de México, es común observar sobrepastoreo y abuso de praderas, lo que está conduciendo a una sucesión vegetal destructiva y casi

irreversible, ya que con el tiempo, se observará una menor producción forrajera, empobrecimiento y agotamiento de la fertilidad del suelo, lo que a su vez llevará a obtener bajos índices de productividad. El sobrepastoreo intensivo causado por el manejo de altas cargas animal desequilibradas durante las primeras etapas del crecimiento vegetal, afecta negativamente el desarrollo de las plántulas y raíces, lo que conduce a una disminución del vigor de las mismas con la consecuente sustitución de otras de menor calidad nutritiva y preferencia por el ganado.<sup>4</sup>

El mejoramiento de la producción y productividad ganadera puede hacerse desde dos enfoques diferentes: mejorando la producción por animal o la de la pradera, es decir rendimiento por animal o rendimiento por hectárea.<sup>6,7</sup> El primero resulta costoso, a largo plazo y altamente delicado, puesto que se basa en la habilidad de un animal para transmitir o heredar sus cualidades a la progenie y que ésta las manifieste. El segundo es más rápido y de menor costo; sin embargo al ser un programa integral, requiere de mayor atención. Elevar la producción por unidad de superficie de pradera, consiste en que pasten un mayor número de cabezas sin que disminuya su producción individual por competencia por la pastura y sin deteriorar a ésta.<sup>6</sup>

Cuando se utiliza una carga animal baja, la producción por animal es mayor, dado que el animal tiene una mayor oportunidad de selección, pero la producción de carne por hectárea es baja. A medida que la carga animal aumenta, la ganancia por animal disminuye, pero se incrementa la ganancia por hectárea hasta el punto donde se cruzan las líneas de ganancia por animal y por hectárea que es lo que se podría llamar la carga animal óptima. Si se continúa aumentando la carga animal, se crea una competencia por forraje al punto que el animal no alcanza a llenar sus requerimientos y la producción por animal y por hectárea disminuye considerablemente, de tal forma que la producción será nula cuando el animal consume solamente lo necesario para cubrir sus necesidades de mantenimiento.<sup>4,6,7,39</sup>

### **Efecto de la cría y el amamantamiento.**

El anestro posparto es una de las principales causas que limitan la productividad en el ganado bovino productor de carne y de doble propósito.<sup>10,40,41</sup> En varias zonas tropicales del mundo, se considera como normal un intervalo entre partos de 2 años. En vacas *Bos taurus* el efecto del amamantamiento, el nivel nutricional antes y después del parto, la condición corporal, el periodo de empadre y por lo tanto el año y mes de parto, afectan el intervalo entre partos y el desempeño reproductivo.<sup>19,42-44</sup> Sin embargo los dos principales factores que controlan la longitud del periodo de anestro posparto son la nutrición y el amamantamiento.<sup>40,45,46</sup>

El sistema predominante en el trópico húmedo de México es el del doble propósito, donde las vacas son ordeñadas con estímulo del becerro y el amamantamiento se prolonga hasta por ocho meses o más.<sup>5,41</sup> El intervalo entre partos de las vacas mantenidas bajo condiciones tropicales, difícilmente es menor de 12 meses, específicamente cuando se trata de vacas Brahman.<sup>47,48</sup> Aunque se ha observado que su respuesta reproductiva posparto mejora si el destete se realiza cuando el animal se encuentra en una buena condición corporal.<sup>49</sup>

La intensidad y duración del amamantamiento en ganado de carne, interviene en gran medida en el control del posparto.<sup>40,50,51</sup> Las técnicas más comunes para reducir los efectos del amamantamiento sobre la eficiencia reproductiva del posparto de la vaca son destetar al becerro:

- a) dentro de la primera semana de nacimiento,
- b) a uno, tres o cinco meses del parto,
- c) la restricción del amamantamiento por uno o dos periodos de 48 –72 horas, generalmente al mes del parto, ó
- d) reducción de la frecuencia del amamantamiento, permitiendo que el becerro solo esté en contacto con la vaca una o dos veces al día.<sup>42</sup>

Existe controversia sobre cuál es la mejor técnica de destete, sin embargo, lo importante es que para disminuir el periodo de anestro, hay que realizar alguna sin descuidar el desarrollo de la cría.<sup>47</sup>



Existen evidencias que indican que el amamantamiento ejerce un efecto modulador sobre los mecanismos de retroalimentación, producidos en el eje hipotálamo hipofisiario.<sup>40,52</sup>

En el posparto temprano, las vacas presentan una reducción en la frecuencia de los pulsos de LH, el estudio realizado por Wright *et al.*<sup>53</sup> señala que dicha reducción está en función de una disminución en la frecuencia de los pulsos de GnRH del hipotálamo más que de una función disminuida de la hipófisis.

Se ha documentado ampliamente el efecto depresor que ejerce el amamantamiento sobre la secreción de LH,<sup>41,54-56</sup> donde los péptidos opioides endógenos (POE, el más conocido es la  $\beta$ -endorfina<sup>57</sup>) han sido identificados como mediadores de este efecto.<sup>58,59</sup> No obstante que en vacas que amamantan, la secreción de la LH se encuentra disminuida, el contenido de LH en la pituitaria a partir del día 30 posparto es similar al detectado en vacas que se encuentran ciclando.<sup>60</sup> La actividad del sistema opiodérgico es afectada por la concentración de esteroides ováricos circulantes<sup>52,61</sup> lo que indica que los POE están involucrados por lo menos en parte, en los efectos de retroalimentación negativa producida por los esteroides ováricos sobre la liberación de la LH.<sup>61</sup>

La revisión bibliográfica realizada por Pedroso y Roller<sup>46</sup> del efecto negativo del amamantamiento sobre la posterior función reproductiva, resume algunos puntos:

- a) marcada inhibición de la liberación pulsátil del GnRh por el hipotálamo y por consiguiente de la hipófisis,
- b) disminución de las reservas de la LH en la hipófisis, en las dos primeras semanas posparto,
- c) incremento en la secreción de glucocorticoides, los péptidos opioides endógenos y catecolaminas que ejercen una acción inhibitoria sobre la secreción de LH por la hipófisis,
- d) cambios significativos en el crecimiento, desarrollo y maduración de los folículos, caracterizándose por el incremento de los folículos pequeños y medianos e inhibición del desarrollo y atresia de los folículos grandes.

Escobar *et al.*<sup>41</sup> demostraron que vacas cebú en amamantamiento tradicional tuvieron un mayor intervalo a primera inseminación artificial que las vacas sin amamantamiento (173 vs 94 días); mayor intervalo a concepción (200 vs 119), y mayor intervalo entre partos (490 vs 380).

El manejo de la lactancia (destete temporal) durante una época de empadre en vacas cebú con menos de 100 días posparto bajo condiciones de trópico seco, incrementa el porcentaje de concepción, sobre el amamantamiento continuo (90 vs 69), lo que da como consecuencia una mayor eficiencia productiva de la explotación al aumentar el porcentaje de pariciones al año.<sup>62</sup>

En el trópico húmedo de México Hippen y Escobar,<sup>63</sup> demostraron que el intervalo del parto a la inseminación artificial en vacas fue significativamente más largo, en las que amamantaron más tiempo a sus crías (200 vs 129 en vacas cebú y 211 vs 131 en vacas F1).

Pimentel *et al.*<sup>20</sup> demostró que el destete temprano (durante los primeros 90 días posparto) podía incrementar el grado de concepción hasta en un 43% y reducir el tiempo del anestro posparto hasta en un 46%, comparado con los de vacas cuyos becerros eran destetados hasta los 200 días postparto. Similarmente Salcedo *et al.*<sup>21</sup> encontraron que al finalizar un periodo de empadre de 60 días, se incrementó el porcentaje de preñez de 36 a 86%, en vacas cuyos becerros eran destetados tempranamente; y que 82% de éstas vacas quedaban preñadas durante los primeros 30 días del empadre, en comparación con el 33% de las vacas en amamantamiento tradicional.

Browning *et al.*<sup>47</sup> demostraron que el manejo estratégico de la nutrición y el amamantamiento mejora el desempeño reproductivo de las vacas posparto, sin retrasar el crecimiento de los becerros. Al respecto también se ha demostrado que el becerro en amamantamiento tiene la habilidad de incrementar la ingestión de forraje en respuesta a la reducción en la ingestión de leche, siempre y cuando el forraje esté lo suficientemente disponible.<sup>64</sup>

La regulación del amamantamiento que inhibe el estímulo de la lactación, es una opción viable de manejo, para reducir el tiempo del anestro posparto.<sup>40</sup> Bajo

condiciones tropicales es común encontrar que la duración del amamantamiento es de hasta 8-9 meses.<sup>18,54</sup> Disminuir dicho tiempo para que el efecto del anestro posparto sea menor sin afectar el desarrollo de la cría es un problema de las zonas dedicadas al pastoreo. Se han efectuado diversos estudios sobre el efecto del peso y edad al destete y la consiguiente incorporación de los becerros al pastoreo, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en las ganancias diarias de peso vivo.<sup>22</sup> Un trabajo realizado en el CEIEGT, por Suárez<sup>23</sup> en ganado Brahman quien utilizó dos tiempos de destete (2 y 4 meses de edad), y tres cargas animal (1.6, 2.6 y 2.9 animales/ha), mostró que con base en la eficiencia reproductiva y el costo beneficio, el tiempo de destete más adecuado era a los 4 meses de edad del becerro.

### **Efecto de la condición corporal (CC) sobre la reproducción.**

Uno de los principales factores que limitan la productividad del ganado en climas cálidos, es la nutrición. La desnutrición aguda o crónica afecta primero al sistema reproductivo, de aquí que los problemas de baja fertilidad e infertilidad generalmente estén asociados a las carencias cualitativas o cuantitativas de los alimentos. En todo sistema de producción de leche o carne, las vacas pasan por periodos más o menos prolongados de pérdida y recuperación de peso como consecuencia del grado de cobertura de sus necesidades nutricionales, fundamentalmente mantenimiento y nivel de producción. El posparto es uno de éstos periodos de pérdida.<sup>65</sup>

La relación entre la nutrición y la reproducción del ganado bovino es conocida desde hace varias décadas.<sup>45,66-69</sup> La duración del periodo de anestro posparto se ve afectada por las ganancias o pérdidas de peso antes o después del parto;<sup>70</sup> debido a la estrecha relación observada entre el peso vivo y la CC es muy probable que las vacas que pierden peso antes del parto, también pierdan CC.<sup>71</sup>

Un estudio de diagnóstico, realizado por Corro *et al.*<sup>10</sup> en la zona costera Centro-Norte del estado de Veracruz, determinó una variación en el promedio de la CC al parto de 2.9 a 3.9 (escala del 1 al 5); sin embargo durante el último tercio de gestación y los primeros cuatro meses posparto, la pérdida continúa en la CC, llevó a los animales con CC de 3.5 a una CC de 2.6 puntos; al final del estudio se concluyó que lo que caracteriza a los hatos de la región es un bajo desempeño reproductivo, asociado a un deficiente manejo de la pradera. Otros estudios<sup>72,73</sup> apoyan estos resultados, ya que si el consumo de alimento al final de la gestación no llena los requerimientos, ocurren cambios metabólicos que conducen a la movilización de tejidos para compensar la deficiencia de nutrimentos, si esta condición persiste durante la lactancia temprana puede provocar un estado de balance energético negativo, que conduce a pérdidas de peso y CC.

El efecto de la nutrición sobre la reproducción posparto depende en gran medida de las diferencias nutricionales que existan antes o después del parto, pero en general son más importantes las diferencias que existan (inferidas a partir de la

CC) antes del parto.<sup>40</sup> Las pérdidas de peso vivo y CC están asociadas a un retraso en el inicio de la actividad reproductiva posparto.<sup>74</sup> La medición de la CC a pesar de ser un método subjetivo, es adecuado para estimar el estado nutricional de los animales, puesto que evalúa el nivel de reservas energéticas. Existen varios estudios en los cuales se han correlacionado sus resultados con la eficiencia reproductiva.<sup>45,65</sup> La evaluación de la CC es simple y fácil de aplicar en un animal o en un grupo de ellos, ya sea por medio de la palpación de varias regiones del cuerpo o por la inspección visual, con un grado asignado de acuerdo a una escala predefinida. Nelsen *et al.*<sup>75</sup> encontraron que las técnicas de medición de la CC por palpación y por observación visual se correlacionan positivamente, por lo que cualquiera de ellas es un buen indicador del estado nutricional. No requiere de equipo especial y es igual o mejor en algunos casos que la mayoría de las mediciones sofisticadas. Todos los sistemas para la evaluación de la CC se basan en la deposición grasa y área de cobertura de las vértebras lumbares, espacios intercostales, zona de la cadera y el muslo, zona pélvica y maslo de la cola.<sup>76,77</sup>

Uno de los principales factores que prolongan el periodo de anestro posparto en vacas en amamantamiento es la CC al parto. Las vacas con una CC mayor tienen frecuencias pulsátiles mayores de LH. La frecuencia reducida de pulsos de LH en vacas posparto con una CC baja está en función de una frecuencia reducida de pulsos de GnRH del hipotálamo, más que de una función hipofisaria inadecuada. La CC al parto es más importante que el nivel de alimentación posparto en la prolongación del periodo de anestro, aunque en vacas delgadas, el nivel de alimentación también puede ser importante.<sup>56,78</sup>

El estudio de Rutter y Randel,<sup>79</sup> en ganado de carne, determinó que cuando las vacas mantienen su CC en los primeros 20 días posparto, tienen un intervalo del parto a primer estro de 32 días, un nivel basal y pico en la concentración plasmática de LH de 0.83 y 59.0 ng/ml respectivamente, mientras que las vacas que perdieron CC en este mismo periodo presentaron un intervalo del parto a primer estro de 60 días, así como un nivel basal y pico en la concentración plasmática de LH de 0.61 y 39.0 ng/ml, lo que permite sugerir que el primer grupo

de animales presentó una mayor función hipofisiaria y mayor potencial reproductivo.

La CC puede afectar la secreción de GnRH del hipotálamo, la respuesta de la hipófisis al GnRH y la sensibilidad de ambos órganos a los efectos de una retroalimentación negativa por estradiol. La CC parece tener un efecto indirecto sobre el hipotálamo, existiendo la posibilidad de que la CC actúe como un mediador más que afecte la sensibilidad del hipotálamo al estradiol. Finalmente la sensibilidad de la hipófisis al efecto de una retroalimentación negativa por estradiol puede disminuir con el tiempo postparto.<sup>45,53,80</sup> Un trabajo realizado por Bishop, *et al.*<sup>81</sup> en ganado de carne, demostró que el 100% de las vacas con una CC  $\geq$  a 5 (escala del 1 al 9) al momento del destete, habían iniciado su actividad lútea dentro de los 25 días postdestete, mientras que de las vacas con una CC  $<$  a 5, solo el 43% de ellas presentó actividad lútea a ese tiempo.

Pedroso *et al.*<sup>82</sup> al evaluar el efecto de la CC en novillas mestizas (Holstein por cebú), independientemente de su peso vivo, encontraron que durante la época de menor disponibilidad forrajera, los animales con una CC menor a 2.0 puntos (escala de cero a cinco) estaban en desventaja al compararlas con vacas con una CC superior, ya que las primeras mostraron un porcentaje superior de aciclia (70% vs. 40%); una peor respuesta a los tratamientos de inducción de celo (60% vs 83%) y una fertilidad menor (11% vs 73%). En ésta investigación se determinó que la permanencia de las novillas por más de 10 semanas durante el periodo de peor disponibilidad forrajera, era una pieza clave para influir negativamente sobre la CC lo que se asociaba al incremento del porcentaje de aciclia.

Se han realizado diferentes trabajos en ganado productor de carne, en los que se ha encontrado que por cada unidad de incremento en la CC al parto (escala del 1 al 5), el periodo de anestro posparto se redujo en 43<sup>56</sup> y 86 días<sup>83</sup> y que el intervalo entre partos disminuyó 11 días.<sup>84</sup> En general, cuando la CC es mayor, aumenta el porcentaje de preñez,<sup>85-87</sup> así los porcentajes de preñez fluctúan desde 50% para una CC pobre ( $\leq$  a 4), hasta 91% para CC mayores ( $\geq$  a 5). Con respecto a la duración del intervalo parto-concepción,<sup>86</sup> informaron que las vacas

que tuvieron CC mayor a 5, promediaron entre 10 a 18 días abiertos menos que las que parieron con CC de 4.

Santos *et al.*<sup>88</sup> encontraron que en vacas cebú los intervalos en días del parto a la primera ovulación con y sin estro previo y el número de ondas foliculares previas a la primera ovulación, fue menores en vacas con una CC alta (7.8 en la escala del 1 al 9) y mayores en vacas con CC baja (3.7 en la misma escala). De igual forma, en vacas que amamantaron una sola vez al día, dichos parámetros resultaron menores que en las vacas que lo hicieron dos veces al día. Al momento de la interacción de las dos variables (CC y amamantamiento) se encontró que en las vacas con una CC alta, el número de veces que la vaca amamantó a su cría, no tuvo efecto en la prolongación del anestro posparto; mientras que en vacas con una CC baja, sí se incrementó la duración del anestro cuando aumentó el número de veces que la vaca amamantó a su cría. Sin embargo, Bolaños *et al.*<sup>89</sup> concluyó que una pobre CC puede contrarrestar cualquier efecto benéfico de un amamantamiento restringido para reducir el anestro posparto y reiniciar la actividad ovárica.

### **Foliculogénesis y ultrasonografía.**

El diagnóstico ultrasonográfico permite la visualización no invasiva de los órganos reproductivos, y ha hecho posible el estudio dinámico de las interacciones en la población folicular.<sup>91</sup> Rajakoski<sup>92</sup> postuló que los folículos podrían crecer en ondas, basado en el examen microscópico e histológico de los ovarios que se recuperaban en los días conocidos del ciclo estral. Ahora, a través del uso de la ultrasonografía, se ha establecido firmemente que el crecimiento folicular durante el ciclo estral del bovino ocurre en patrones de onda y que se presenta durante el ciclo estral,<sup>93-96</sup> durante la gestación,<sup>97-99</sup> antes de la pubertad,<sup>100-102</sup> y durante el posparto temprano.<sup>103,104</sup>

El crecimiento y la regresión folicular en el ovario han sido sujetos de especulación y controversia, resultando en hipótesis contrastantes.<sup>105</sup> Los reportes indican que durante cada ciclo aparecen dos,<sup>106,107</sup> tres,<sup>93,94</sup> e incluso cuatro<sup>108</sup> ondas de crecimiento folicular; siendo normal un patrón de dos ondas para vacas<sup>109</sup> y de tres para novillonas.<sup>94,108</sup> La foliculogénesis comprende tres eventos casi simultáneos: 1) el reclutamiento, donde un conjunto (onda) de folículos inician el crecimiento y maduración con la suficiente estimulación gonadotrópica que permite el progreso hacia la ovulación; 2) la selección, es cuando un solo folículo es escogido y evita la atresia, con probabilidad potencial para lograr la ovulación y 3) la dominancia, es el mecanismo mediante el cual los folículos dominantes inhiben un nuevo reclutamiento de otro grupo de folículos.<sup>95</sup> Para que un folículo pueda ser reclutado y proseguir con su desarrollo, debe haber alcanzado la etapa de dependencia de gonadotropinas, la cual se obtiene cuando los folículos del bovino tienen aproximadamente de 4 a 5 mm de diámetro. En el bovino se reclutan de 5 a 6 folículos, y esto se logra con niveles basales de gonadotropinas, especialmente FSH.<sup>98</sup>

Una vez reclutada cierta cantidad de folículos, se realiza la selección del folículo dominante por interferencia del folículo más grande de esa onda en el aporte de gonadotropinas a los folículos pequeños. Se desconoce el mecanismo exacto por el cual se selecciona al folículo dominante; sin embargo existen dos mecanismos



posibles para que se desarrolle esta relación: uno es el indirecto, en el cual el folículo más grande inhibe el crecimiento del resto, produciendo sustancias como la inhibina y el estradiol que actúan sobre la hipófisis reduciendo la secreción de FSH a niveles insuficientes para los folículos pequeños;<sup>110</sup> el otro es directo, por medio de la secreción de factores parácrinos que reducen la sensibilidad de los folículos pequeños a la FSH, disminuyendo la capacidad de aromatización por parte de las células de la granulosa o reduciendo la síntesis de andrógenos.<sup>98</sup>

El folículo seleccionado ejercerá dominancia sobre el resto de los folículos. La dominancia se refiere al crecimiento selectivo de un folículo y la atresia que éste provoca en los demás. El folículo dominante es más sensible a las gonadotropinas que los folículos subordinados por lo que no sufre atresia, a pesar de provocar con sus secreciones, una reducción en la producción hipofisiaria de FSH. Esto puede ser debido a factores autócrinos, como el factor de crecimiento parecido a la insulina (IGF1) que se encuentra en mayor concentración en los folículos grandes.<sup>111</sup> Los estrógenos producidos por el folículo interactúan con la FSH para que se produzca un incremento en la concentración de IGF1, que aunado a la mayor receptividad de las células de la granulosa para IGF1, elevan el poder aromatizante y facilitan la aparición de receptores para LH en la granulosa.<sup>98</sup>

Por otra parte, los bajos niveles de FSH causados por la producción de inhibina por parte del folículo dominante, aunados a los efectos de la folistatina, prostaglandinas y angiotensina, probablemente actúan disminuyendo el flujo sanguíneo hacia folículos menos desarrollados, lo cual provoca la inevitable atresia de los mismos.<sup>112</sup>

Con base en observaciones ultrasonográficas y dado que cuando el folículo dominante está presente no se observan folículos mayores a 5 mm, se puede definir al folículo dominante como aquel folículo ovárico grande (> 10 mm) que es reclutado y seleccionado de una oleada de crecimiento folicular y que además de ser activo, es capaz de evitar el crecimiento de otros folículos en el ovario.<sup>95</sup>

El folículo dominante de la primera onda puede ovular si se induce la regresión del cuerpo lúteo por la administración exógena de prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) en el día 5

– 8 del ciclo.<sup>113,114</sup> Sin embargo, de forma natural, en la mayoría de los ciclos estrales, el primer folículo es anovulatorio.<sup>93,94</sup>

La clasificación por tamaño de los folículos, es dinámica dada la naturaleza del crecimiento folicular. Los folículos mayores a 2 mm de diámetro, son aquellos que resultan del reclutamiento y que entran a las fases de selección y dominancia de la onda folicular. A través de la ultrasonografía se ha demostrado que en los primeros días del ciclo estral (1 – 4), disminuye el número de folículos de la clase 1 (3 a 5 mm), mientras que aumentan los de clase 2 (6 a 9 mm), lo que aparentemente ocurre ya que los folículos de clase 1 están pasando a la clase 2, sin ser reemplazados, lo que está representando la fase de reclutamiento. Aproximadamente al día 4 del ciclo estral, un solo folículo de clase 3 (10 a 15 mm) comienza su desarrollo, lo que representa la fase de selección. Al mismo tiempo disminuye el número de folículos de clase 2, que se convierten en folículos subordinados y que disminuyen en tamaño al sufrir atresia. Esto resulta en la detección ultrasonográfica de pocos folículos de clase 2 y más de clase 1 después del día 7 del ciclo. Más tarde durante los días 7 – 9, el folículo dominante clase 3, continúa creciendo y se convierte en folículo clase 4 (> a 15 mm). La dominancia de este folículo se mantiene por unos días y al día 13 comienza su atresia. Para entonces desde el día 10, surgió una nueva onda de folículos clase 1 y se dará lugar a una segunda onda folicular (reclutamiento, selección y dominancia) que resultará en un segundo folículo dominante.<sup>95</sup>

En un ciclo de dos ondas, la maduración del segundo folículo dominante coincide con la regresión espontánea y sucesiva del cuerpo lúteo y el folículo ovulará después de la luteólisis.<sup>93,94,99</sup> En el caso de que se presenten tres ondas foliculares, la dominancia (días) del primer y segundo folículo dominante se verá disminuida, ajustando la maduración del tercer folículo dominante con la regresión del cuerpo lúteo.<sup>108</sup> De esta manera, el folículo dominante destinado a ovular será el de la segunda onda en los animales que presenten dos y que iniciarán los días 0 y 10, o de la tercera en las vacas que presente tres ondas y que iniciaran los días 0, 9 y 16.<sup>100,106</sup> Cuando el ciclo consta de dos ondas, el folículo de la segunda

onda será el ovulatorio; sin embargo, en caso de que el ciclo sea de tres ondas, el segundo folículo dominante también sufrirá regresión y volverá a ocurrir el proceso de reclutamiento y selección de un tercer folículo dominante que posteriormente será el ovulatorio.

Diferentes estudios,<sup>108,115,116</sup> demuestran que el ganado *Bos indicus* tiende a presentar folículos más pequeños que el ganado *Bos taurus*, ya que el máximo diámetro alcanzado por el folículo dominante difícilmente es mayor de 12 mm; por lo que se debe ajustar la escala en la clasificación del tamaño folicular.

En el periodo posparto, después de la primera ovulación, es común encontrar anomalías de los patrones de la dinámica folicular y ejemplos de esto son ciclos estrales cortos donde el folículo de la primera onda en vez de sufrir atresia, continuará creciendo y eventualmente ovulará, y por otro parte la presentación de quistes foliculares y lúteos, que al ser estructuras foliculares anovulatorias, cambian el proceso reproductivo y contribuyen a extender el intervalo entre partos.<sup>117</sup>

Estudios realizados en ganado de carne en amamantamiento, indican: a) que los modelos de crecimiento y desarrollo folicular difieren entre el primero y segundo ciclo estral, siendo el primero más corto ( $17 \pm 7$  vs  $22 \pm 9$ ), b) después de la primera ovulación se presenta una fase lútea corta ( $< 10$  días) y c) al igual que ocurre en ganado lechero, que más del 80% de las vacas no mostró signo alguno de estro antes de la primera ovulación.<sup>104,118</sup>

En los bovinos, los patrones de crecimiento y desarrollo folicular son inconsistentes después del parto.<sup>103,104,119</sup> Algunas vacas presentan ovarios relativamente inactivos, en los que el crecimiento folicular no supera los 10 mm, mientras que otras vacas, presentan folículos  $> 10$  mm, dentro de los primeros 15 días posparto.<sup>120</sup> La inactividad ovárica puede resultar de una insuficiente secreción de LH asociada a una ingesta inadecuada de energía durante la lactación del periodo posparto temprano. En el periodo posparto, el balance energético negativo cambia los modelos de crecimiento y desarrollo folicular, y dichos cambios pueden predisponer a que en la vaca se desarrollen quistes con

foliculos ováricos, alargamiento del periodo de inactividad ovárica, así como disminución de la fertilidad.<sup>10,24,25</sup>

Un estudio realizado por Rhodes *et al.*<sup>115</sup> en vaquillas Brahman, demostró que mediante una restricción en la dieta, se provocaba una disminución de  $0.31 \pm 0.005$  mm en el tamaño de los primeros foliculos dominantes de cada ciclo estral y de  $0.31 \pm 0.006$  mm en los cuerpos lúteos, conforme los animales perdían 10 kg de peso. La disminución de un 10% en el PV, resulto en una disminución del  $9.4 \pm 0.7\%$  en el diámetro máximo del primer foliculo dominante,  $8.5 \pm 0.8\%$  del foliculo ovulatorio y  $10.6 \pm 0.9\%$  en el diámetro máximo del cuerpo lúteo, al considerar las mismas medidas al iniciar el experimento.

La inactividad ovárica no es la única causa de anestro posparto, razón por lo cual ovarios activos anovulatorios (con foliculos dominantes que no ovulan), se presentarán en vacas en amamantamiento, que presentan un patrón de crecimiento folicular en ondas pero en las que existe una inhibición de los picos de LH.<sup>41,54</sup>

## **HIPOTESIS**

Las vacas de la carga alta presentarán parámetros reproductivos menos eficientes debido a una menor oferta de forraje, con relación a las vacas de la carga baja.

## **OBJETIVO**

Determinar el efecto de 2 cargas animal (1.8 vacas/ha = carga baja y 2.8 vacas/ha = carga alta), en el desempeño productivo y reproductivo de vacas Brahman y en el crecimiento de sus becerros.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Localización**

El experimento se realizó en el 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 (UNAM), ubicado en el Km 5.5. de la Carretera Federal Martínez de la Torre - Tlapacoyan, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, situado a 20° 4' latitud Norte y 97° 3' longitud Oeste. La altura con relación al nivel del mar es de 151 m.

### **Clima**

El clima está clasificado como Af(m)w<sup>n</sup>(e) correspondiente al tipo cálido húmedo, con lluvias todo el año, sin estación seca definida. La precipitación pluvial media anual es de 1990 mm y la temperatura promedio anual es de 23.4° C con un rango entre 14 y 35° C.<sup>121</sup>

### **Características y Manejo de los Animales**

En el experimento se utilizaron 44 vacas Brahman gestantes, 15 de ellas con 3 partos y 29 con 4 partos, y un peso promedio de 545 ± 55 Kg al inicio del experimento. Los cambios en el peso vivo de las hembras fueron registrados quincenalmente desde 60 días antes del parto y hasta los seis meses posparto, al igual que la condición corporal, que se relacionó con la actividad ovárica. Las vacas parieron de mayo a agosto de 1998.

## **HIPOTESIS**

Las vacas de la carga alta presentarán parámetros reproductivos menos eficientes debido a una menor oferta de forraje, con relación a las vacas de la carga baja.

## **OBJETIVO**

Determinar el efecto de 2 cargas animal (1.8 vacas/ha = carga baja y 2.8 vacas/ha = carga alta), en el desempeño productivo y reproductivo de vacas Brahman y en el crecimiento de sus becerros.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Localización**

El experimento se realizó en el 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 (UNAM), ubicado en el Km 5.5. de la Carretera Federal Martínez de la Torre - Tlapacoyan, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, situado a 20° 4' latitud Norte y 97° 3' longitud Oeste. La altura con relación al nivel del mar es de 151 m.

### **Clima**

El clima está clasificado como Af(m)w<sup>n</sup>(e) correspondiente al tipo cálido húmedo, con lluvias todo el año, sin estación seca definida. La precipitación pluvial media anual es de 1990 mm y la temperatura promedio anual es de 23.4° C con un rango entre 14 y 35° C.<sup>121</sup>

### **Características y Manejo de los Animales**

En el experimento se utilizaron 44 vacas Brahman gestantes, 15 de ellas con 3 partos y 29 con 4 partos, y un peso promedio de 545 ± 55 Kg al inicio del experimento. Los cambios en el peso vivo de las hembras fueron registrados quincenalmente desde 60 días antes del parto y hasta los seis meses posparto, al igual que la condición corporal, que se relacionó con la actividad ovárica. Las vacas parieron de mayo a agosto de 1998.

## **HIPOTESIS**

Las vacas de la carga alta presentarán parámetros reproductivos menos eficientes debido a una menor oferta de forraje, con relación a las vacas de la carga baja.

## **OBJETIVO**

Determinar el efecto de 2 cargas animal (1.8 vacas/ha = carga baja y 2.8 vacas/ha = carga alta), en el desempeño productivo y reproductivo de vacas Brahman y en el crecimiento de sus becerros.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Localización**

El experimento se realizó en el 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 (UNAM), ubicado en el Km 5.5. de la Carretera Federal Martínez de la Torre - Tlapacoyan, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, situado a 20° 4' latitud Norte y 97° 3' longitud Oeste. La altura con relación al nivel del mar es de 151 m.

### **Clima**

El clima está clasificado como Af(m)w<sup>n</sup>(e) correspondiente al tipo cálido húmedo, con lluvias todo el año, sin estación seca definida. La precipitación pluvial media anual es de 1990 mm y la temperatura promedio anual es de 23.4° C con un rango entre 14 y 35° C.<sup>121</sup>

### **Características y Manejo de los Animales**

En el experimento se utilizaron 44 vacas Brahman gestantes, 15 de ellas con 3 partos y 29 con 4 partos, y un peso promedio de 545 ± 55 Kg al inicio del experimento. Los cambios en el peso vivo de las hembras fueron registrados quincenalmente desde 60 días antes del parto y hasta los seis meses posparto, al igual que la condición corporal, que se relacionó con la actividad ovárica. Las vacas parieron de mayo a agosto de 1998.

### **Periodos Experimentales**

Preparto: desde los 60 días antes del parto (de la vaca más cercana a éste), se asignaron al azar 22 vacas en cada uno de dos tratamientos: carga alta de pastoreo = 2.8 vacas/ha y carga baja de pastoreo = 1.8 vacas/ha.

Posparto: Los animales continuaron pastoreando bajo las cargas animal correspondientes (alta y baja). La duración del estudio posparto fue de 6 meses.

### **Manejo de los Becerros.**

Desde el nacimiento y hasta los cuatro meses, edad a la que se destetaron, los becerros permanecieron todo el tiempo con sus madres. Dentro de los primeros dos días de vida, las crías se pesaron e identificaron con números tatuados en la parte interna de la oreja izquierda y con aretes plásticos en la oreja contraria. La identificación con hierro caliente en el muslo y descorne se realizó a los 45 días de edad. A partir del destete permanecieron juntos en praderas establecidas con gramas nativas y bajo un sistema de pastoreo intensivo. Desde los cuatro y hasta los seis meses de edad, recibieron 1 Kg diario de concentrado con 16% de proteína cruda y 3.2 Mcal. E.D./kg de M.S., elaborado con 23% de maíz molido, 30% de pulpa de cítricos picada, 5% de bagazo de caña de azúcar, 12% de harina de pescado y 30% de pollinaza.

### **Medicina Preventiva**

Las acciones de medicina preventiva realizadas en los animales fueron la aplicación intramuscular de un complejo vitamínico (ADE), la vacunación con bacterina mixta, así como la desparasitación interna y externa a los 15 días antes del parto. El ganado fue desparasitado contra nemátodos gastroentéricos y vermes pulmonares, así como contra garrapatas y moscas, continuándose la desparasitación interna cada tres meses y recibiendo baños garrapaticidas por aspersión cada 3-4 semanas. Los becerros fueron desparasitados por primera vez a los 2 meses de edad.

En los becerros recién nacidos se confirmó el consumo de calostro y en los primeros dos meses se administró intramuscularmente un complejo vitamínico (ADE) y hierro.



Una vez cumplidos los tres meses se aplicó una bacterina triple contra pasteurelisis, carbón sintomático y edema maligno y se revacunó cada 6 meses; la vacuna contra derriengue también se aplicó por vez primera a los 3 meses y se revacunó anualmente.

El hato está certificado como libre de brucella y tuberculosis.

### **Manejo Reproductivo.**

La observación de signos de estro se realizó dos veces al día por una hora (06:00 y 17:00 horas), durante todo el experimento. Como ayuda en la detección de celos, se contó todo el tiempo con un toro marcador. Entre las actividades relacionadas con el estro se registraron montas homosexuales, interés demostrado por y hacia el toro marcador, intentos de monta, topeteos, inquietud combinada con bramidos y presencia de moco cervical. El comportamiento de monta se consideró la conducta más significativo de estro. La primera parición fue a principios de mayo y la última a finales de agosto de 1998, todas las vacas tuvieron un parto normal. Las vacas fueron inseminadas conforme entraban en celo, 12 horas después de ser detectadas, si repetían celo se inseminaban nuevamente cuando lo presentaran, recibiendo un máximo de tres servicios durante el periodo experimental.

### **Medición del Peso Vivo (PV) y de la Condición Corporal (CC).**

Las vacas fueron pesadas quincenalmente sin dietar, a la misma hora (10:00 horas), iniciando 60 días antes de la fecha probable de parto y hasta el final del experimento o hasta confirmarse el diagnóstico de gestación. La CC fue evaluada por el mismo observador, en las mismas fechas del registro del peso corporal durante todo el experimento. Se utilizó la escala del 1 (uno) al 5 (cinco) con puntos intermedios.<sup>77</sup> Los becerros fueron pesados en las mismas fechas.

### **Muestras Sanguíneas**

Desde los 21 días posparto y hasta el diagnóstico de gestación o hasta los 180 días posparto, lo que ocurriera primero, se tomaron muestras de sangre (10 ml), cada tercer día, por punción de la vena o arteria coccígea, en tubos al vacío estériles heparinizados, para medir concentraciones de progesterona (P<sub>4</sub>) y poder

determinar el momento del reinicio de la actividad ovárica. Las muestras fueron colocadas inmediatamente a una temperatura entre 2 y 4° C y posteriormente centrifugadas a 3000 r.p.m. por 15 minutos. Se colectaron alícuotas del suero que fueron etiquetadas y almacenadas a -20° C para su posterior análisis.

Las concentraciones de P<sub>4</sub> plasmática fueron determinadas en todas las muestras por radioinmunoensayo.<sup>122</sup> El reinicio de la actividad ovárica posparto fue definida como el tiempo cuando la concentración plasmática de P<sub>4</sub> fue superior a 1ng/ml por al menos dos días consecutivos de muestreo.<sup>123</sup> La longitud de la primera fase lútea fue el número de días que la concentración plasmática de P<sub>4</sub> fue mantenida > a 1 ng/ml. El pico en la concentración plasmática de P<sub>4</sub> fue el máximo valor durante la fase lútea.

Los coeficientes de variación intraensayo fueron 6.27% y 4.10% para los controles alto y bajo respectivamente, y el coeficiente de variación interensayo fue de 5.47% para el control alto y 3.94% para el control bajo. La sensibilidad mínima del ensayo fue de 0.300 ng/ml.

### **Registros Ultrasonográficos**

Los registros ultrasonográficos se efectuaron cada tercer día desde los 21 días posparto y hasta el diagnóstico de gestación o hasta los 180 días posparto, lo que ocurriera primero, en las mismas fechas que la toma de muestra sanguínea. Los ovarios fueron observados transrectalmente utilizando un aparato de ultrasonido portátil (US, Aloka, modelo SSD-210XII), con un transductor de 7.5 Mhz, registrándose el número de folículos < a 5, de 6-8 y mayores a 9 mm de diámetro, así como el diámetro máximo del cuerpo lúteo.<sup>124</sup> Los cuerpos lúteos fueron identificados por ultrasonografía, pero su duración funcional fue determinada por las concentraciones de progesterona sérica. Los incrementos de P<sub>4</sub> debieron coincidir con el cuerpo lúteo identificado en la imagen del ultrasonido. Cuando el incremento de P<sub>4</sub> se mantuvo por menos de 10 días se le consideró como elevación transitoria y que generalmente coincidió con la presencia de tejido lúteo en la imagen ultrasonográfica que correspondió a un cuerpo lúteo de vida corta.

La primera ovulación fue indicada por la desaparición súbita del folículo dominante (> a 9 mm) de la imagen ultrasonográfica de un muestreo a otro y que coincidió con un incremento en la concentración plasmática de  $P_4$  que excedió a 1 ng/ml seguido por la detección del tejido lúteo en la imagen ultrasonográfica.

Cuando una hembra presentó estro y fue inseminada, la revisión ultrasonográfica fue suspendida para evitar la posibilidad de afectar los procesos de fertilización e implantación debido al manipuleo. El diagnóstico de gestación ultrasonográfica se efectuó a los 30 días, con la observación de la vesícula fetal y se confirmó a los 45 días con la presencia del embrión y la detección del latido cardíaco.<sup>125</sup>

#### **Manejo del Pastoreo.**

Los animales pastaron en potreros donde predominó grama nativa (*Paspalum spp.* y *Axonopus spp.*) con un 85% y solo pequeñas proporciones, 15% de especies introducidas (*Cynodon nlenfuensis*). Se contó con dos potreros, uno de 12 y otro de 7.8 has, (1.8 vacas/ha = carga baja y 2.8 vacas/ha = carga alta), cada uno con 10 divisiones, en los que se utilizó un sistema de pastoreo rotacional intensivo con 3 días de ocupación y 27 de descanso. Los animales en todo momento contaron con agua, sombra natural y sales mineralizadas, *ad libitum*.

#### **Disponibilidad, Consumo y Análisis Químico del Forraje.**

La masa biológica del forraje se calculó usando el método visual de muestreo o doble comparativo, desarrollado por Haydock y Shaw<sup>126</sup> el cual consiste en elaborar una escala de cinco cuadrantes con cantidades crecientes de biomasa forrajera a las que se asignan las calificaciones (x) del 1 (menos) al 5 (más). Posteriormente, se comparan visualmente 100 cuadrantes con esta escala, asignando una calificación lo más cercana posible a un punto de la escala; se corta el material presente en los cuadrantes y el forraje se seca; posteriormente se realiza una regresión lineal simple entre el rendimiento de materia seca (y, Kg MS/ha) de cada cuadrante con su correspondiente calificación (x, 1-5); una vez estimados los parámetros de la ecuación, se calcula el promedio de las 100 comparaciones visuales (X) cuyo valor se sustituye en la ecuación de regresión para estimar la cantidad total de biomasa (y) presente en la división.

El pastoreo rotacional fue realizado en 10 praderas, de las cuales se tomaron muestras para 2 tipos de estudios. El primero consistió en calcular el porcentaje de materia seca (MS), después de permanecer durante 48 horas a 55° C, en la estufa de deshidratación y posteriormente realizar un análisis químico proximal (AQP) de la muestra total, para determinar proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas (C), y elementos libres de nitrógeno (ELN).<sup>127</sup> El segundo estudio fue el análisis de la composición botánica de la muestra y consistió en separar manualmente las hojas, los tallos y la materia muerta. Una vez separadas las partes vegetativas se calculó el porcentaje de MS y se realizó un AQP de cada porción por separado.<sup>127</sup>

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **VARIABLES DE RESPUESTA Y SU ANÁLISIS DE VARIANZA**

Las variables de respuesta fueron:

En las vacas.

1. Cambios del peso vivo (PVV) (Kg).
2. Cambios de la condición corporal (CC) (Escala del 1 al 5).
3. Consumo de materia seca (CMS).
4. Tasa de gestación a primer servicio (TGP) (%).
5. Tasa de gestación final (TGF) (%).
6. Número de servicios por concepción (NS).
7. Número de folículos con diferente tamaño (diámetro mayor) por ciclo (4, 5, 6-8, 9-11, >11 mm).
8. Tamaño del cuerpo lúteo (diámetro mayor) (mm).
9. Intervalo del parto al primer folículo dominante (PFD) (días),
10. Intervalo del parto a la primera ovulación (POv) (días),
11. Intervalo a primera inseminación artificial (PIA) (días),
12. Intervalo del parto a la primera elevación de progesterona (PEP<sub>4</sub>) (días),
13. Concentración máxima a primera elevación de progesterona (P<sub>4</sub>Con) (ng/ml),

En los becerros.

1. Peso al nacimiento (PN) (Kg).
2. Peso al destete (PD) (Kg).
3. Peso a los 180 días (P180) (Kg).
4. Ganancia diaria de peso a los 120 (GDP120) (gm).
5. Ganancia diaria de peso a los 180 (GDP180) (gm).
6. Ganancia diaria de peso de los 120 a los 180 días (GDP12080).

Los análisis de varianza se realizaron por medio del paquete SAS (Statistical Analysis System) usando el procedimiento PROC GLM (modelos lineales generalizados) para las variables de respuesta de tipo continuo. Las sumas de cuadrados utilizadas fueron de tipo I o secuencial, ya que el número de observaciones fue el mismo para cada nivel de carga, pero si el modelo incluía efectos cuya distribución de observaciones no era igual para cada subcelda, entonces se usaron sumas de cuadrados tipo III. La comparación de medias se efectuó por medio de pruebas de "t", pero solo en el caso de que el efecto correspondiente fuese significativo ( $P < 0.05$ ) o altamente significativo ( $P < 0.01$ ) en el análisis de varianza.<sup>128,129</sup>

Los modelos y procedimientos usados para cada variable se describen a continuación.

### **Peso vivo y condición corporal.**

$$Y_{ij} = \mu + C_j + V_i(C_j) + b_1X1 + b_2X1^2 + b_3X1^3 + b_4X1^4 + b_5X1^5 + C*b_1x1 + C*b_2x1^2 + C*b_3x1^3 + C*b_4x1^4 + C*b_5x1^5 + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = Es la variable de respuesta, peso vivo o condición corporal, registrados en la  $i$ -ésima vaca dentro del  $j$ -ésimo nivel de carga animal,
- $\mu$  = Es la media general de la variable de respuesta,
- $C_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo nivel de carga animal [ $j$ = 1.8 (baja) y 2.8 (alta), vacas/ha],
- $V_i(C_j)$  = Es la variación entre vacas dentro de cargas, usado como error en "a", para probar el efecto de la carga animal,
- $X1$  = Es el efecto lineal de días posparto,
- $X1^2$  = Es el efecto cuadrático de días posparto,
- $X1^3$  = Es el efecto cúbico de días posparto,
- $X1^4$  = Es el efecto cuártico de días posparto,
- $X1^5$  = Es el efecto quíntico de días posparto,

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  = Son coeficientes de regresión asociados con los efectos anteriores,

$C \times X1$  = Es la interacción entre la carga animal y el efecto lineal del día posparto,

$C \times X1^2$  = Es la interacción entre la carga animal y el efecto cuadrático del día posparto,

$C \times X1^3$  = Es la interacción entre la carga animal y el efecto cúbico del día posparto,

$C \times X1^4$  = Es la interacción entre la carga animal y el efecto cuártico del día posparto,

$C \times X1^5$  = Es la interacción entre la carga animal y el efecto quíntico del día posparto,

$\varepsilon_{ij}$  = Es la variación residual, usada para probar el efecto simple del día posparto, así como las interacciones entre día posparto y carga, el cual se supone:  $\approx N, \mu = 0$  y  $\sigma^2 = 1$

Al anterior se le llamó modelo completo; una vez analizada la varianza con el modelo completo, se procedió a quitar el efecto simple de mayor orden de los días posparto así como su interacción con la carga animal, realizar de nuevo el análisis de varianza y así sucesivamente hasta tener únicamente el efecto lineal. De todos los modelos resultantes, se seleccionó aquel cuyos efectos simples de días posparto, así como las interacciones de éstos con la carga animal, fuesen significativos ( $P < 0.05$ ) o altamente significativos ( $P < 0.01$ ). Efectuado lo anterior, se procedió a obtener los parámetros del modelo de regresión múltiple entre PV y CC (dependientes) contra días posparto (independiente), con el fin de describir gráficamente las diferencias o similitudes en los cambios de PV o CC posparto, ocasionados por la carga animal.

### **Ganancia diaria de peso del becerro.**

El modelo lineal aditivo para GDP120 y GDP180 fue el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + C_j + S_k + (C \times S)_{jk} + b_1X1 + b_2X2 + b_3X3 + b_4X4 + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta, registrada en el  $i$ -ésimo becerro nacido de una vaca de la  $j$ -ésima carga animal que fue del  $k$ -ésimo sexo,

$\mu$  = Es la media general,

$C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha},

$S_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo sexo ( $k$  = hembra, macho),

- $(C \times S)_{jk}$  = Es la interacción entre carga animal y sexo del becerro,  
 $X1$  = Es el efecto lineal del peso del becerro al nacer, o covariable 1,  
 $X2$  = Es el efecto lineal de la condición corporal al parto de la madre del becerro, o covariable 2,  
 $X3$  = Es el efecto lineal del peso al parto de la madre del becerro, o covariable 3,  
 $X4$  = Es el efecto lineal del número de parto de la madre del becerro, o covariable 4,  
 $b_1, b_2, b_3, b_4$  = Los coeficientes de regresión respectivos a cada covariable,  
 $\varepsilon_{ijk}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N, \mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$

El modelo lineal aditivo para GDP 12080 fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_j + S_k + (C \times S)_{jk} + b_1X1 + b_2X2 + b_3X3 + b_4X4 + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta, registrada en el  $i$ -ésimo becerro nacido de una vaca de la  $j$ -ésima carga animal que fue del  $k$ -ésimo sexo,  
 $\mu$  = Es la media general,  
 $C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha}),  
 $S_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo sexo ( $k$  = hembra, macho),  
 $(C \times S)_{jk}$  = Es la interacción entre carga animal y sexo del becerro,  
 $X1$  = Es el efecto lineal del peso del becerro a los 120 días, o covariable 1,  
 $X2$  = Es el efecto lineal de la condición corporal al parto de la madre del becerro, o covariable 2,  
 $X3$  = Es el efecto lineal del peso al parto de la madre del becerro, o covariable 3,  
 $X4$  = Es el efecto lineal del número de parto de la madre del becerro, o covariable 4,  
 $b_1, b_2, b_3, b_4$  = Los coeficientes de regresión respectivos a cada covariable,  
 $\varepsilon_{ijk}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N, \mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$

### Consumo de Materia Seca

El modelo lineal aditivo para Consumo de Materia Seca en base al Peso Vivo (CMSPV), fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_j + M_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta, registrada en la  $i$ -ésima división del potrero, dentro del  $j$ -ésimo nivel de carga animal, en el  $k$ -ésimo mes de estudio

$\mu$  = Es la media general,

$C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha},

$M_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo mes ( $k$  = julio, agosto, septiembre, noviembre, diciembre, enero),

$\varepsilon_{ijk}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N$ ,  $\mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$

### Concentración y Primera Elevación de Progesterona

El modelo lineal aditivo para Concentración de Progesterona ( $P_4Con$ ) y Primera Elevación de Progesterona ( $PEP_4$ ) fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + C_j + b_1X1 + b_2X2 + b_3X3 + b_4X4 + b_5X5 + b_6X6 + b_7X7 + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la variable de respuesta,  $P_4Con$  o  $PEP_4$  registrada en la  $i$ -ésima vaca dentro del  $j$ -ésimo nivel de carga animal,

$\mu$  = Es la media general,

$C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha},

$X1$  = Es el efecto lineal del sexo del becerro (macho,hembra), o covariable 1

$X2$  = Es el efecto lineal de la condición de la madre a los 180 días, con respecto a la inseminación (inseminada o no inseminada), o covariable 2,

$X3$  = Es el efecto lineal de la condición de la madre a los 180 días, con respecto a la gestación (gestante o no gestante), o covariable 3,

$X4$  = Es el efecto lineal de la condición corporal al parto de la madre del becerro, o covariable 4,

$X5$  = Es el efecto lineal del peso al parto de la madre del becerro, o covariable 5,

$X6$  = Es el efecto lineal del número de parto de la madre del becerro, o covariable 6,

$X7$  = Es el efecto lineal de la ganancia diaria de peso del becerro a los 120 días, o covariable 7,

$b_1, b_2, b_3, b_4,$  Los coeficientes de regresión respectivos a cada covariable,

$b_5, b_6, b_7 =$

$\varepsilon_{ij}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N$ ,  $\mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$



**Días a Primer Folículo Dominante (PFD), a Primer Folículo Ovulatorio (PFOv), a Primera Inseminación Artificial (PIA), de PFD a PFOv (FD - FO), de PFD a PIA (FD - PIA)**

El modelo lineal aditivo para éstos intervalos fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_j + M_k + b_1X1 + b_2X2 + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta, PFD, PFOv, PIA, FD-FOv, o FD-PIA, registrada en la  $j$ -ésima vaca dentro del  $k$ -ésimo nivel de carga animal,

$\mu$  = Es la media general,

$C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha},

$M_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo mes ( $k$  = julio, agosto, septiembre, noviembre, diciembre, enero),

$X1$  = Es el efecto lineal de la condición corporal al parto de la madre del becerro, o covariable 1,

$X2$  = Es el efecto lineal del peso al parto de la madre del becerro, o covariable 2,

$b_1, b_2$  = Los coeficientes de regresión respectivos a cada covariable,

$\varepsilon_{ijk}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N, \mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$

**Tamaño de Folículos (mm) para los diferentes ciclos**

El modelo lineal aditivo para el tamaño de los folículos fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_j + O_k + (C \times O)_{jk} + b_1X1 + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta,  $F < 5$ ,  $F6-8$  o  $F > 9$  registrada en la  $j$ -ésima vaca dentro del  $k$ -ésimo nivel de carga animal, en el  $k$ -ésimo ovario

$\mu$  = Es la media general,

$C_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima carga animal ( $j$  = baja {1.8 vacas/ha}, alta {2.8 vacas/ha},

$O_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo ovario ( $k$  = izquierdo, derecho),

$(C \times O)_{jk}$  = Es la interacción entre carga animal y ovario de la vaca,

$X1$  = Es el efecto lineal de días a primer folículo dominante, o covariable 1,

$b_1$  = El coeficiente de regresión de la covariable,

$\varepsilon_{ijk}$  = Variación residual no explicada por el modelo, utilizada como error experimental, supuesta  $\approx N, \mu = 0$ , y  $\sigma^2 = 1$

## RESULTADOS

### Eficiencia productiva.

#### Comportamiento del peso vivo (PV) de las vacas

El PV de los animales 60 días antes del parto fue de  $506.7 \pm 51.8$  kg para la carga alta y de  $518.0 \pm 59.7$  para la carga baja. El PV al momento del parto fue similar para ambas cargas, con  $543.8 \pm 52.8$  kg para carga alta y  $549.0 \pm 63.2$  kg para carga baja; mientras que a los 120 días posparto fueron de  $477.6 \pm 50.7$  kg y  $466.0 \pm 49.7$  kg, y a los 180 días posparto fueron de  $466.4 \pm 48.0$  kg y  $462.0 \pm 51.3$  kg para carga alta y baja respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para ninguna de estas variables ( $P > 0.05$ ).

La Figura 1 representa los cambios pre y posparto en el PV de los animales en ambas cargas, mostrando que no hubo diferencias a lo largo del ciclo productivo; sin embargo se aprecia que la ganancia de PV en los dos últimos meses de gestación fue superior a los 30 kg y muy similar en ambas cargas, mientras que la pérdida de PV desde al parto hasta el destete (120 días) fue 20 kg menor para la carga baja, sin encontrar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Es interesante observar que aproximadamente 15 días después de realizado el destete, los animales experimentales, alcanzaron su peso más bajo (nadir), que fue a los  $137.0 \pm 27.5$  días posparto para carga alta y a  $135.7 \pm 24.3$  días posparto para carga baja ( $P > 0.05$ ). La pérdida de PV al nadir fue de  $90.7 \pm 27.5$  kg, para la carga alta, y  $104.2 \pm 37.5$  kg para la carga baja, representando el 16.7% y 19.0% del peso original respectivamente ( $P > 0.05$ ).

El PV de los animales analizado en ambas cargas mediante regresión múltiple, no mostró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, en la Figura 2 se puede observar que la pendiente de los animales de la carga baja es más pronunciada, no obstante que la ordenada al origen fuera mayor por 30 kg.

La carga animal no demostró tener efecto sobre el PV de los animales, sin embargo, conociendo que los animales con mejores condiciones de PV presentan una mejor eficiencia reproductiva, se comparó si los animales inseminados o que quedaron gestantes antes de los 180 días presentaron diferencias con aquellos no

inseminados o que no quedaron gestantes en ese tiempo. Esta comparación efectuada en el peso al parto, a los 120 y 180 días, no fue significativa ( $P > 0.05$ ) entre las vacas inseminadas y las que no, así como tampoco entre las que quedaron gestantes y las que no, entre ambas cargas (Cuadro 1).

#### Comportamiento de la condición corporal (CC) de las vacas.

La CC de los animales 60 días antes del parto fue de  $3.1 \pm 0.1$  para la carga alta y de  $3.4 \pm 0.1$  para la carga baja, encontrando diferencia significativa en esta variable ( $P < 0.05$ ).

La CC al momento del parto fue similar para ambas cargas, con  $3.5 \pm 0.3$  para carga alta y  $3.6 \pm 0.4$  para carga baja; mientras que a los 120 días fueron de  $2.4 \pm 0.5$  y  $2.5 \pm 0.3$  y a los 180 días fueron de  $2.6 \pm 0.4$  y  $2.7 \pm 0.4$  para carga alta y baja respectivamente. No se encontró diferencia estadísticamente significativa para ninguna de estas variables ( $P > 0.05$ ). La Figura 3 representa los cambios pre y posparto en la CC de los animales en ambas cargas, mostrando que no hubo diferencias a lo largo del ciclo productivo y que la pérdida de CC desde al parto hasta el destete (120 días) fue de  $1.1 \pm 0.5$  para carga alta y de  $1.1 \pm 0.5$  para carga baja ( $P > 0.05$ ). Es interesante observar que la CC al destete representó el menor valor registrado (nadir), entre el parto y los 180 días siguientes en ambos grupos.

La CC de los animales analizada en ambas cargas mediante regresión múltiple, no mostró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, en la Figura 4 se aprecia que la pendiente de los animales de la carga baja se mantiene en casi todo el experimento, un cuarto de unidad (0.25) por encima de la pendiente de la carga alta.

La carga animal no demostró tener efecto sobre la CC de los animales, sin embargo, conociendo que los animales con mejores condiciones de CC presentan una mejor eficiencia reproductiva, se comparó si los animales inseminados presentaron diferencias con aquellos no inseminados. Esta comparación fue significativa en la CC a los 120 días, ( $P < 0.05$ ), con un valor de  $2.5 \pm 0.4$  en las vacas inseminadas y de  $2.1 \pm 0.2$  en las no inseminadas; similarmente, fue

evidente la diferencia en la CC a los 180 días, con un valor de  $2.7 \pm 0.4$  en las vacas inseminadas y de  $2.4 \pm 0.2$  en las no inseminadas ( $P < 0.05$ ). En la Figura 5, se puede apreciar la relevancia de la CC en el preparto, puesto que la diferencia de 5 décimas de unidad (0.5) a los 45 días preparto en la CC de los dos grupos, probablemente no influyó en la CC al parto, pero sí en la CC a los 120 y 180 días. Sin embargo, esta comparación efectuada en la CC al parto, a los 120 y 180 días, no fue significativa ( $P > 0.05$ ) entre las vacas que quedaron gestantes y las que no, entre ambas cargas (Cuadro 2). La CC a primera inseminación artificial fue de  $2.6 \pm 0.3$  para carga alta y  $2.6 \pm 0.4$  para carga baja ( $P > 0.05$ ).

#### Cambios del peso vivo (PV) de los becerros.

Los pesos al nacimiento (PN), peso al destete (PD) y peso a los 180 días (P180) de los becerros de la carga alta fueron de  $33.6 \pm 9.5$  kg,  $146.5 \pm 16.6$  kg y  $163.8 \pm 17.2$  kg, respectivamente, mientras que para la carga baja fueron de  $35.0 \pm 4.5$  kg,  $148.5 \pm 14.5$  kg y  $168.4 \pm 15.6$  kg, en ese orden. Para ninguna de estas variables se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), no obstante que en los becerros de la carga baja se observó una ligera tendencia a mantener un peso más elevado.

La Figura 6a muestra los cambios en el PV de los becerros de ambas cargas desde el nacimiento hasta los 180 días. Se puede apreciar el paralelismo y crecimiento continuo de las dos pendientes y que solo se ve alterado por el destete (120 días), momento a partir del cual el crecimiento es mínimo durante un mes y después continúa creciendo pero en forma menos pronunciada.

El efecto del sexo del becerro sobre PN, PD y P180, no fue significativo ( $P > 0.05$ ) (Figura 6b), aunque los cambios del peso de los machos presentó una ligera tendencia a ser mayor, sobre todo en el PD. Al comparar PN, PD y P180 días de las crías de vacas inseminadas o no, así como de las vacas gestantes o no antes de los 180 días, bajo el supuesto de que la vaca en amamantamiento desvía la energía y nutrimentos necesarios para el reinicio de la actividad reproductiva y antepone el crecimiento del becerro incluso desde etapas fetales. Esta comparación no fue significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, las crías de vacas no inseminadas tendieron a presentar un PN mayor que las crías de vacas

inseminadas (Figura 6c) y tampoco hubo diferencia en los pesos de las crías de las vacas que se diagnosticaron como gestantes o no, antes de los 180 días ( $P > 0.05$ ). (Figura 6d).

El efecto de la carga, el sexo y PN del becerro, así como la CC al parto y el número de parto de la vaca no fueron estadísticamente significativos sobre las ganancias diarias de peso (GDP) a los 120, 180, ni de 120 a 180 días ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 3); y únicamente el PV de la vaca al parto fue significativo ( $P < 0.05$ ) sobre las GDP.

### **Eficiencia reproductiva.**

#### Índice de hembras inseminadas antes de los 180 días.

En la carga alta, el porcentaje de vacas inseminadas antes de los 180 días fue de 77.3% (16/22); mientras que en la carga baja fue de 95.5% (21/22) ( $P \leq 0.05$ ) (Figura 7). En el Cuadro 4, se puede observar que solamente el 18.0% (4/22) de las vacas en cada carga fueron inseminadas antes de que se realizara el destete y que el intervalo en días del parto a primera inseminación artificial (DIA) prácticamente fue el mismo para ambas cargas, con  $152.7 \pm 16.9$  días para carga alta y  $150.5 \pm 13.8$  días para carga baja ( $P > 0.05$ ), esto significa que la primera inseminación se efectuó un mes después de que los becerros fueron separados de las madres.

#### Actividad ovárica posparto.

En el Cuadro 5 se puede observar que el intervalo en días del parto a primer folículo dominante (DFD) fue de  $49.3 \pm 6.3$  días para carga alta y de  $52.6 \pm 5.3$  días para carga baja ( $P > 0.05$ ), es decir que en ambas cargas, este evento se presentó durante el segundo mes posparto y sin embargo, tuvieron que pasar 60 días más en la carga alta y casi 80 días en el caso de la carga baja, para que se presentara el primer folículo ovulatorio (PFOv). Similarmente, la espera fue de otros 100 días, a partir del PFD para que la primera vaca fuera inseminada en cualquier carga. En los dos tratamientos el PFOv se presentó después de los 100 días posparto, aunque en el caso de la carga alta fue a los  $108.5 \pm 10.8$  días, es decir, 12 días antes del destete, mientras que en la carga baja fue 10 días

después del mismo, presentándose a los  $130.4 \pm 9.1$  días, sin encontrar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). En el mismo cuadro se puede observar que las vacas que parieron en mayo presentaron un intervalo a PFD casi tres veces mayor al de las vacas que parieron en julio ( $84.0 \pm 9.6$  días vs.  $35.2 \pm 6.4$  días) ( $P < 0.05$ ), y sin embargo el intervalo de PFD a PFOv fue casi tres veces menor en las primeras ( $36.7 \pm 17.7$  días vs.  $91.7 \pm 11.8$  días) ( $P < 0.05$ ), lo que resultó en que no mostraran diferencia en el intervalo a PFOv ( $120.7 \pm 16.4$  días vs.  $126.9 \pm 10.9$  días) ( $P > 0.05$ ).

#### Indices de fertilidad

El índice de gestación a primer servicio fue de 63% (10/16) para la carga alta y de 48% (10/21) para carga baja, mientras que el índice de gestación a 180 días fue de 75% (12/16) para carga alta y de 67% (14/21) para carga baja; sin encontrar diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), para estas variables; de las vacas que quedaron gestantes en la carga alta, solo el 33% (4/12) lo hizo antes de que se practicara el destete mientras que en la carga baja solo lo hizo el 14% (2/14); en la carga alta, esas cuatro vacas gestantes correspondieron al total de vacas inseminadas antes del destete (4/4), mientras que en la carga baja, las dos vacas gestantes correspondieron al 50.0% de las vacas inseminadas (2/4) (Cuadro 6, Figura 8). Lo anterior significa que entre el destete (120 días) y los 180 días, por cada dos vacas que quedaron gestantes en la carga alta, quedaron tres en la carga baja.

El intervalo parto concepción fue de  $135.0 \pm 43.8$  para la carga alta y de  $155.4 \pm 28.0$  para la carga baja, sin que fueran significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) a pesar de los 20 días de diferencia.

El número de servicios por concepción para la carga alta fue de 1.3 mientras que para la carga baja fue de 1.5 (Cuadro 6). El índice de gestación con relación a los servicios de inseminación artificial se representa en la Figura 9, donde se puede apreciar que a primer servicio quedaron 10 vacas gestantes en cada una de las cargas, y sin embargo, para esto, las vacas de la carga alta solo requirieron de 16 servicios, mientras que las vacas de la carga baja requirieron de 21 servicios.

### Progesterona plasmática (P<sub>4</sub>).

#### Duración del ciclo estral

La longitud promedio en 51 ciclos estrales, medidos a través de P<sub>4</sub> fue de  $19.2 \pm 4.8$  días para carga alta y de  $20.0 \pm 3.1$  días para carga baja en 60 ciclos, encontrando que esta variable no fue estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Para la carga alta fueron registrados 37 ciclos normales (72.5%) (duración de 18 a 23 días), 10 ciclos cortos (19.6%) (duración de 11 a 17 días) y 4 ciclos largos (7.8%) (duración de 24 a 30 días); mientras que para la carga baja se registraron 51 ciclos normales (85.0%), 7 cortos (11.7%) y 2 largos (3.3%). Como podrá observarse en la Figura 10, la mayor proporción correspondió a los ciclos de longitud normal, seguido por los ciclos cortos, que generalmente se presentaron en el reinicio de la actividad ovárica y por último los ciclos largos, que realmente fueron escasos; de la misma forma se puede apreciar que la proporción de ciclos "anormales" (cortos y largos), fue casi del doble de la carga alta (27.5% vs 15.0%).

#### Días y concentración máxima de progesterona al primer ciclo estral detectado.

La primera elevación de progesterona (PEP<sub>4</sub>) se presentó a los  $116.8 \pm 8.0$  días en la carga alta y a los  $132.7 \pm 10.0$  días para carga baja, es decir entre los ocho días siguientes al PFOv, sin encontrar diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La máxima concentración de P<sub>4</sub> en el primer ciclo detectado, fue similar en ambas cargas con  $4.1 \pm 0.6$  ng/ml para carga alta y  $4.3 \pm 0.7$  ng/ml para carga baja ( $P > 0.05$ ). Debido a que en la mayor parte de las hormonas, la liberación cíclica o de disparo, requiere de una previa sensibilización o liberación tónica, se comparó si la concentración de P<sub>4</sub>, así como los días a la primera elevación de esta, diferían entre los animales que se inseminaron o quedaron gestantes antes de los 180 días y en aquellos que no se inseminaron o que no quedaron gestantes en ese tiempo, sin encontrar diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ) para ninguna de estas variables. Al evaluar el efecto del sexo de la cría, se encontró que las vacas que parieron una cría hembra, alcanzaron una concentración de  $4.9 \pm 0.6$  ng/ml de P<sub>4</sub>, mientras que las vacas que parieron una cría macho solo

alcanzaron una concentración de  $3.5 \pm 0.7$  ng/ml, sin encontrar diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) aunque sí mostrando una tendencia a la significancia (Cuadro 7).

La Figura 11 muestra el perfil de la concentración de  $P_4$  durante un ciclo, en vacas que después de la inseminación artificial ciclaron nuevamente y en las vacas que sí quedaron gestantes a ese servicio. Como podrá observarse, las pendientes se separan a partir del día 14, puesto que la concentración de  $P_4$ , se mantiene por encima de los 4 ng/ml en ambas cargas, y por otro lado, en las vacas que ciclaron nuevamente, la concentración de  $P_4$  cae paulatinamente hasta llegar de nuevo a la mínima concentración el día 20.

#### Número de ciclos estrales.

Mediante los perfiles de  $P_4$  se determinó que de las 26 vacas que quedaron gestantes durante el experimento, el 65.0% (17/26) de estas presentaron entre 1 y 2 ciclos, mientras que el 35% restante (9/26) presentó 3 o más; a diferencia de lo ocurrido con las vacas que no quedaron gestantes ( $n = 18$ ), debido a que solo el 33.0% (6/18) presentó entre 1 y 2 ciclos, mientras que el 66.0% (12/18) presentó 3 o más ciclos ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, de las 37 vacas que se inseminaron antes de los 180 días, el 59.0% (22/37) presentó entre 1 y 2 ciclos, mientras que el 41.0% (15/37) restante presentó 3 o más; por su parte solo el 14.3.0% (una de siete) de las vacas que no se inseminaron presentó entre 1 y 2 ciclos ( $P > 0.05$ ) (Figura 12). Todo lo anterior muestra que las vacas que quedaron gestantes, lo hicieron rápidamente una vez reiniciada su actividad ovárica, y que las vacas que no quedaron gestantes fueron en su mayoría repetidoras (3 o más servicios) y que la mayoría de las vacas no inseminadas, al presentar 3 ciclos o más (al menos 60 días de actividad ovárica) reiniciaron su actividad ovárica cuando menos al momento del detete (120 días).

El número de ciclos calculados a partir de los análisis de  $P_4$  fue de  $2.4 \pm 0.3$  ciclos para la carga alta y  $2.9 \pm 0.3$  ciclos para carga baja ( $P > 0.05$ ). En la Figura 13 se muestran ejemplos de vacas que presentaron 1,2, 3 y 4 ciclos antes de los 180



días, y de vacas que quedaron gestantes en el primer, segundo, tercer o cuarto ciclo.

### Estructuras ováricas

#### Diámetro folicular

Desde los 21 días posparto hasta la presentación del primer ciclo, el número de folículos < a 5 mm para la carga alta fue de  $198.1 \pm 112.6$  mientras que para la carga baja fue de  $276.0 \pm 136.8$ , encontrándose una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) no obstante la gran variación que hubo entre los animales de una misma carga; sin embargo para el número de folículos de mayor tamaño (6-8 y > a 9 mm), no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 8).

La carga animal no tuvo efecto sobre el número de folículos de las diferentes categorías, para ninguno de los ciclos ( $P > 0.05$ ), sin embargo, en el Cuadro 8, se puede observar que en todos ellos, el número de folículos con un diámetro entre 6 y 8 mm, tendió a ser mayor en la carga baja. El número de folículos por ciclo en ambos ovarios de acuerdo a la categoría en base al diámetro fue de  $35.5 \pm 15.4$ ,  $19.9 \pm 9.5$  y de  $3.6 \pm 2.6$  para los folículos >a 5, de 6 a 8 y > a 9 mm respectivamente (Figura 14).

De los 21 días posparto hasta antes del primer ciclo, la orientación anatómica del ovario (izquierdo o derecho), tuvo efecto sobre los folículos mayores a 9 mm, registrando  $17.5 \pm 12.3$  para el ovario derecho y  $11.2 \pm 7.8$  para el ovario izquierdo; en cambio, no se mostró efecto alguno sobre los folículos menores a 5 mm, ni en los que midieron de 6 a 8 mm ( $P > 0.05$ ), aunque en éstos últimos se encontró una ligera tendencia a que el número fuera mayor en el ovario derecho (Cuadro 9). El número de folículos durante un ciclo para el ovario izquierdo, no mostró diferencias estadísticas con el número de folículos del ovario derecho ( $P > 0.05$ ), aunque en éste último, el número tendió a ser mayor para las tres categorías (Cuadro 9). La Figura 15 representa los cambios de la dinámica folicular a lo largo de un ciclo en la carga alta y la Figura 16 en la carga baja, donde se aprecia claramente que al aumentar el número de folículos pequeños (< a 5 mm), disminuye el de folículos grandes (> a 9 mm) y viceversa; mientras que la

Figura 17 compara los cambios foliculares en ambas cargas en cada una de las categorías de tamaño folicular, evidenciando el proceso dinámico de las ondas foliculares, representado a través de los altibajos en el número de folículos pequeños (Figura 17a), medianos (Figura 17b) y grandes (Figura 17c). Es interesante observar que el cambio en oleadas de los folículos está representado en los 3 estratos, sin embargo durante todo el ciclo, el número de folículos medianos fue mayor en la carga baja, sin encontrar diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

#### Diámetro del cuerpo lúteo

El diámetro promedio del cuerpo lúteo para la carga alta fue de  $1.4 \pm 0.4$  cm y para carga baja de  $1.3 \pm 0.3$  cm, encontrando que esta variable no fue estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ).

#### **Disponibilidad de Materia Seca Presente (MSP) y Consumo de Materia Seca (CMS).**

##### Disponibilidad de MSP por potrero y MSP por cada 100 kg de peso vivo (kg/MSP/100 kg PV).

Los promedios para la disponibilidad de MSP antes del pastoreo fueron de 2921 kg/MSP para carga alta y de 3742 kg/MSP para carga baja, que corresponden a 8.1 y 10.5 kg MSP/100 kg de PV; mientras que los promedios para la disponibilidad de MSP después del pastoreo fueron de 2288 kg/MSP para carga alta y de 3028 kg/MSP para carga baja, que representan 6.4 y 8.5 kg MSP/100 kg de PV; sin encontrar diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

##### Disponibilidad de MSP por hectárea y MSP por potrero por cada 100 kg de peso vivo (kg/MSP/ha/100 kg PV).

Los promedios para la disponibilidad de MSP/ha antes del pastoreo fueron de 3724 kg/MSP/ha para carga alta y de 3118 kg/MSP/ha para carga baja, que corresponden a 10.3 y 8.8 kg MSP/ha/100 kg de PV; mientras que los promedios para la disponibilidad de MSP/ha después del pastoreo fueron de 2917 kg/MSP/ha para carga alta y de 2523 kg/MSP/ha para carga baja, que representan 8.2 y 7.1

kg MSP/ha/100 kg de PV; sin encontrar diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) En la Figura 18, se puede observar que la desaparición de forraje después del pastoreo fue superior a los 800 kg en la carga alta y de 600 en la carga baja. También se puede apreciar la comparación de la MSP/ha (línea continua) y la MSP/potrero (línea punteada), mientras que la flecha marca la diferencia entre las dos mediciones. Esto indica que a pesar de que la MSP/potrero para la carga alta fue menor que en la carga baja, ocurrió lo contrario al evaluar la MSP/ha. La Figura 19 muestra la disponibilidad mensual de forraje (kg MSP/ha) antes del pastoreo en ambas cargas, observando que la MSP fue mayor en la temporada de lluvias (julio - septiembre), y menor en la temporada de "nortes" (diciembre - enero).

#### Consumo de materia seca.

El CMS en relación al PV presentó una gran variación por lo que no pudo estimarse con precisión ni confiabilidad, sin embargo, cuando se eliminaron del análisis los valores negativos u otros irrazonablemente bajos o altos, se obtuvieron medias congruentes y que fueron de  $2.12 \pm 1.22\%$  del PV para la carga alta y de  $2.42 \pm 0.93$  para la carga baja. El efecto de la carga animal no fue estadísticamente significativo ( $P > 0.05$ ) para el CMS. El Cuadro 10 muestra las variaciones en el CMS por mes y la proteína aportada, observando que los meses con mayor consumo coinciden con los de mayor disponibilidad y viceversa.

#### Análisis químico proximal

##### Análisis químico proximal de las muestras de forraje.

El porcentaje de PC para ambas cargas fue de 9.7% y la cantidad de energía metabolizable (EM) para las muestras de forraje completo fue de 2.5 Mcal/kg para la carga alta y 2.4 Mcal/kg para la carga baja. En la figura 20 se representan los resultados del análisis químico proximal (AQP) donde se aprecia que la carga animal no influyó sobre ninguno de los componentes de las muestras de forraje (proteína cruda = PC, extracto etéreo = EE, fibra cruda = FC; cenizas = Cen y elementos libres de nitrógeno = ELN) ( $P > 0.05$ ). La Figura 21 muestra las variaciones de los porcentajes mensuales de cada componente del análisis

químico proximal y las líneas punteadas perfilan los cambios de PC y FC, observando que los meses con las menores concentraciones de PC fueron también los de mayor concentración en FC.

Análisis químico proximal de las muestras de forraje antes y después del pastoreo.

En la figura 22, se aprecia que el porcentaje de PC presente antes del pastoreo fue mayor que el residual (10.1% vs 9.3%); y en el porcentaje de cenizas ocurrió lo contrario (12.4% vs 15.7%) ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, el efecto del pastoreo no tuvo efecto sobre los demás componentes (FC, EE y ELN) ( $P > 0.05$ ).

Análisis químico proximal de las partes que componen las muestras de forraje (hoja, tallo).

El porcentaje de PC para la muestra de tallo fue menor en relación al de la muestra de forraje completo (6.6% vs 9.0%), mientras que el porcentaje para hoja fue mayor (13.5%) ( $P < 0.05$ ); así mismo, el porcentaje de ELN para la muestra de tallo (40.4%) fue mayor ( $P < 0.05$ ) que para las muestras de hoja (36.3%) y de forraje completo (36.2%) que no difirieron entre sí ( $P > 0.05$ ). La cantidad de energía metabolizable (EM) fue de 2.6 Mcal/kg tanto para hoja como para tallo (Figura 23). En el Cuadro 11, se reúnen los resultados del AQP de acuerdo a la carga animal, a la condición antes y después del pastoreo así como de acuerdo a los componentes de la planta y muestra completa.

Análisis químico proximal de las muestras de concentrado administrado a los becerros.

En la Figura 24, se representa la calidad del concentrado, con 13.6% de PC, 7.8% de EE, 6.2% de FC, 6.3% de Cen y 66.1% de ELN. El total de nutrientes digestibles (TND) fue de  $88.5 \pm 3.3\%$  y la energía metabolizable (EM) fue de  $3.2 \pm 0.12$  Mcal/kg.

## DISCUSION

### **Eficiencia productiva.**

#### Cambios del peso vivo (PV) de las vacas

Los cambios de PV o  $\dot{C}C$  pueden utilizarse como indicadores crudos del balance energético en los animales y se sabe que este balance es negativo (BEN) en el posparto temprano<sup>45</sup> aumentando cada día conforme avanza la lactación, hasta llegar al punto de máximo BEN que coincide con el llamado nadir.<sup>25,74</sup> Las fluctuaciones pre y posparto en el PV (peso a -60 días, al parto, a los 120 y 180 días posparto), no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, se observa que tanto en las hembras de la carga alta como las de carga baja (Figura 1), el PV disminuyó en mayor medida durante los primeros 30 días después del parto, continuando en forma menos abrupta hasta llegar al nadir (135 días); coincidiendo con lo señalado por Soto<sup>130</sup> quien encontró en novillas Brahman que el PV después del parto, disminuyó en mayor medida durante los primeros 45 días; similarmente, observó que tanto el PV como la CC siguieron el mismo patrón, presentando una caída máxima en los 15 días posteriores al destete, tal y como ocurrió en el presente estudio, lo que fue sugerido anteriormente por Wright y Rusell.<sup>71</sup> El trabajo de Moore y Campos da Rocha<sup>131</sup> realizado en ganado *Bos indicus* resulta muy interesante, puesto que efectuó el destete a diferentes edades (1, 3, 5 y 6 meses), encontrando que las vacas en amamantamiento sufrieron una severa pérdida de peso en los primeros tres meses posparto, y que dicha pérdida se reducía considerablemente si el destete se realizaba a un mes del parto. Las vacas que fueron destetadas a 3 o 5 meses, continuaron perdiendo peso hasta el destete y las que fueron destetadas a los meses, dejaron de perder peso en el quinto mes de lactación, deduciendo que para este tiempo, la producción de leche era muy baja y la mayoría de los nutrimentos consumidos por la vaca fueron usados para la nueva formación de reservas corporales. Sin embargo, las vacas destetadas a los 6 meses alcanzaron un peso menor a los 300 kg considerado como un peso crítico debajo del cual las vacas *Bos indicus* raramente conciben.<sup>132</sup> En un estudio realizado anteriormente<sup>133</sup> se determinó que cuando la vaca ha

perdido entre el 25-30% del PV adulto, fisiológicamente es imposible que quede preñada.

Los resultados del presente trabajo, difieren de los encontrados por McDougall *et al.*<sup>32</sup> quienes evaluaron el efecto de la carga animal (4.0 vs 3.0 UA/ha) en ganado *Bos taurus*, indicando que, el PV de los animales de la carga alta fue significativamente menor que en la carga baja (363 vs. 385 kg.) y que los primeros produjeron menos leche (1.6 vs. 2.3 kg). La razón de estas diferencias radicó en que los animales de la carga alta, presentaron un periodo de balance energético negativo más prolongado que los animales de la carga baja. Sin embargo Vera<sup>1</sup> quien trabajó con novillas Brahman en pastoreo continuo bajo condiciones tropicales, no encontró diferencias significativas del efecto de tres cargas animal (2.7, 1.9 y 1.4 animales/ha) sobre el peso al momento de la concepción obteniendo 290 kg en promedio; la falla en las diferencias fue atribuida a que los animales de las cargas alta y media (2.7 y 1.9 animales/ha respectivamente), presentaron crecimiento compensatorio, una vez que fueron removidos de sus respectivos tratamientos y transferidos a un potrero común donde iniciaron el periodo de empadre.

En el presente trabajo, una posible causa de que el PV no mostrara diferencia significativa, es que este puede estar condicionado por factores tales como el estado fisiológico, el nivel de llenado ruminal y el tamaño de la vaca que representan variaciones individuales.<sup>71,76</sup> Otra posible causa, se basa en que los animales de ambas cargas llegaron con peso óptimos al parto de acuerdo a la raza y edad de las vacas<sup>47,134,135</sup> y en parte a que no hubo diferencia en el consumo de forraje, lo que se traduce en que el ganado *Bos indicus*, está bien adaptado para resistir condiciones de pastoreo con cargas animales elevadas, sin afectar su potencial productivo.<sup>33,136</sup>

La mínima diferencia no significativa en los cambios del PV, representada en la figura 2, permite sugerir que los animales con mayor PV al parto (carga baja), perdieron mas peso y con mayor rapidez que los animales más ligeros (carga alta), probablemente porque los animales más pesados requieren de una mayor

cantidad de nutrimentos para su mantenimiento y debieron recurrir a sus reservas corporales para cubrir la demanda, mientras que a las hembras con un peso más ligero al parto, les resultó más fácil adecuar la demanda de nutrimentos con los disponibles.<sup>45,130</sup>

Durante todo el periodo de amamantamiento los valores de PV disminuyeron, encontrando que durante el primer mes la caída del PV fue mayor a la que se presentó en los tres meses siguientes, reflejándose en una pendiente más ligera, debido a que en este tiempo, las crías inician su función ruminal, y existe un cambio paulatino en la dieta del becerro. Sin embargo, esto no fue suficiente para impedir que las madres siguieran perdiendo peso, hasta que las crías fueron retiradas, al respecto se ha demostrado que el becerro en amamantamiento tiene la habilidad de incrementar la ingestión de forraje en respuesta a la reducción en la ingestión de leche, siempre y cuando el forraje esté lo suficientemente disponible.<sup>64</sup>

#### Cambios de la condición corporal (CC) de las vacas.

La relación entre la nutrición y la reproducción del ganado bovino se conoce desde hace varias décadas.<sup>45,66-69</sup> La duración del periodo de anestro posparto se ve afectada por las ganancias o pérdidas de peso y de CC antes o después del parto.<sup>70,74</sup> Esto es debido a la estrecha relación observada entre el peso vivo y la CC es muy probable que las vacas que pierden peso antes del parto, también pierdan CC.<sup>71</sup>

Durante los últimos 60 días de gestación y hasta el momento del parto, las vacas de la carga alta ganaron 4 décimas de unidad en la CC mientras que las vacas de la carga baja solo ganaron 2 décimas ( $< 0.05$ )(Figura 3), esto sugiere que las primeras pudieron formar con mayor rapidez, las reservas corporales necesarias para que la CC al parto así como a los 120 y 180 días no mostraran diferencias con la carga baja. De lo anterior se concluye que la CC ganada en el periodo preparto fue de importancia para la eficiencia productiva del hato, coincidiendo con Short *et al.*<sup>40</sup> quienes señalan que las diferencias que existan al parto, estimadas por la CC preparto son más importantes que las que existan después del mismo.

Existe gran variación de la CC del ganado *Bos indicus* durante los diferentes estados fisiológicos o productivos, de tal forma que los valores de la CC al parto para ambas cargas ( $3.5 \pm 0.4$  promedio), coinciden con los encontrados por Boadi y Price<sup>135</sup> quienes señalan una CC al parto de 3.5 para ganado de carne con 5 - 6 años de edad, y probablemente esta sea la razón por la cual se presentan las similitudes, dado que es una edad semejante a la de las vacas del presente estudio. En cambio, dichos valores, resultaron ser superiores a los encontrados por Makarechian y Arthur<sup>137</sup> quienes señalan que en un grupo de 172 vacas *Bos taurus*, la moda de la CC al parto de fue de 3.0 y a los señalados por Mukasa - Mugerwa *et al.*<sup>90</sup> quienes realizan un estudio a partir del momento del parto en vacas *Bos indicus* que tienen una CC de 3.6 - 3.8.

Los resultados encontrados en el presente estudio sobre la CC, difieren de los señalados por McDougall *et al.*<sup>32</sup> quienes evaluaron el efecto de la carga animal (4.0 UA/ha vs 3 UA/ha) en ganado *Bos taurus*, encontrando que el promedio de condición corporal (escala del 1 al 10) fue mayor para vacas de la carga animal baja (4.8 vs. 4.1), y que a su vez, perdieron menos condición durante el primer mes de lactación (0.4 vs. 0.7) que los animales de carga alta. La razón de estas diferencias radicó en que los animales de la carga alta, presentaron un periodo de balance energético negativo más prolongado que los animales de la carga baja y dicho balance estuvo influenciado por la nutrición pre y posparto.

Las vacas inseminadas (26/44), alcanzaron una CC de 2.5 a los 120 días posparto y que fue significativamente mayor a la de las vacas no inseminadas (18/44), en las que solo llegó a 2.1; ocurriendo lo mismo con la CC a 180 días (2.7 vs. 2.4). Al respecto Pedroso *et al.*<sup>82</sup> evaluaron el efecto de la CC, en novillas en pastoreo (*Bos taurus x Bos indicus*), determinando que su permanencia en los potreros por más de 10 semanas durante el periodo de peor disponibilidad forrajera, era una pieza clave para influir negativamente sobre la CC, asociándose un incremento de los animales en aciclia del 40% al 70%. Similarmenete el trabajo de Segura y Rodríguez<sup>138</sup> señala que el porcentaje de las vacas que ciclaron con una CC de 7



a 8 (escala del 1 al 9), fue mayor al de las vacas con una CC de 5 a 6 (95% vs.58%).

Esto coincide con lo encontrado por Bolaños *et al.*<sup>89</sup> quienes trabajaron con vacas *Bos indicus*, multíparas, señalando que aquellas que presentaron una CC al parto de 2.5 (escala del 1 al 5), permanecieron acíclicas a lo largo de las 16 semanas siguientes, mientras que las vacas que presentaron una CC al parto de 2.7, reiniciaron su actividad ovárica antes de ese tiempo; de la misma forma la CC a 120 días fue de 2.4 para las vacas acíclicas y de 2.5 para las vacas que ciclaron. Al respecto Rutter y Randel,<sup>79</sup> sugieren que las vacas de carne que son capaces de mantener su CC en el periodo posparto, presentaran intervalos a primer estro posparto más cortos que las vacas que pierden peso y CC después del parto.

La CC a primera inseminación artificial fue de 2.6 para las dos cargas, es decir, una vez que las vacas habían ganado entre 1 y 5 décimas de punto (carga alta y baja respectivamente) y habían transcurrido 30 días a partir del nadir. Bishop, *et al.*<sup>81</sup> encontraron resultados similares en ganado de carne, demostrando que el 100% de las vacas con una CC  $\geq$  a 5 (escala del 1 al 9) al momento del destete (realizado a los 45 días posparto), habían iniciado su actividad lútea dentro de los 25 días siguientes, mientras que de las vacas con una CC  $<$  a 5, solo el 43% de ellas presentó actividad lútea a ese tiempo.

Después del destete, las vacas mejoran su eficiencia reproductiva<sup>62,63</sup> y sin embargo, un trabajo de Bolaños *et al.*<sup>89</sup> concluyó que cualquier efecto benéfico del destete puede ser contrarrestado por una pobre CC y que probablemente fue lo que ocurrió con las vacas que no se inseminaron, cuya CC fue de 2.1 y sin embargo, el destete no favoreció la manifestación de celo. Además, cuando las vacas no son capaces de mantener la CC en el puerperio sufren un alargamiento significativo del periodo parto-primer estro y liberan menos LH tras la estimulación exógena con GnRH, a diferencia de las vacas que son capaces de mantener su CC. Al parecer existe alguna influencia de origen genético que condiciona en cada animal, la capacidad de almacenar o movilizar reservas orgánicas de acuerdo a la demanda metabólica de cada individuo.<sup>79</sup>

### Cambios del peso vivo (PV) de los becerros.

El nacimiento de un ternero constituye el punto de partida para la obtención de un reemplazo en el hato, que puede ser una novilla, un semental, e incluso un animal de producción, por lo que alcanzar elevadas tasas de natalidad y becerros con un peso adecuado, es de gran importancia para cualquier empresa ganadera. Se entiende por peso adecuado, aquel que sin aumentar el porcentaje de partos distócicos permite un peso posdestete satisfactorio. En el ganado vacuno, el animal no alcanza su completo desarrollo hasta aproximadamente el cuarto parto, ya que en partos anteriores existe una competencia entre el desarrollo fetal de la cría y el crecimiento de la madre.<sup>139</sup>

La carga animal no tuvo efecto sobre el PN, PD y P180 días de las crías, lo que pudiera explicarse por el hecho de que no hubo diferencias en el consumo ni en la disponibilidad de forraje en ambas cargas; similarmente Holroyd *et al.*<sup>140</sup> a lo largo de tres años, evaluaron el efecto de la suplementación en vacas Brahman durante la época de sequía sobre el PN de las crías, sin encontrar diferencias significativas entre las crías del grupo tratado y el grupo control (35.0 vs 34.5 kg), indicando que la posible causa de la falta de significancia fue que el nivel de suplementación no fue adecuado para el mantenimiento del PV en las vacas preñadas. Lo anterior permite sugerir que a pesar de que la carga baja hubiese ofrecido mayor cantidad de forraje con la consiguiente posibilidad de selección e incluso una mejor calidad forrajera (situación que no ocurrió), probablemente no se hubiera encontrado significancia. Esto se contrapone a lo señalado por McSweeney *et al.*<sup>50</sup> quienes al suplementar vaquillas *Bos indicus*, encontraron que las crías de las vacas suplementadas por 1-2 meses antes del parto presentaron un mayor PN que el de los becerros de las vacas control (34.2 vs. 28.6 kg); sin lugar a dudas, estos resultados se deben al largo tiempo que las vacas estuvieron en suplementación, lo que les permitió favorecer el crecimiento de las crías en el medio intrauterino.

El PN, PD y P180 días encontrados en el presente estudio en ambas cargas fueron muy superiores a los mencionados por Martínez *et al.*<sup>141</sup> quienes señalan que en crías de ganado *Bos indicus* en amamantamiento tradicional, encontraron

un PN de 29 kg, y un P180 días de 118 kg. Similarmente, fueron superiores a los mencionados por Rico *et al.*<sup>142</sup> quienes señalan un PN de 30 kg, y un P180 días de 166 kg y aún mayores a otros pesos mencionados en el mismo estudio pero que son debidos a manejos en la lactancia. Brito *et al.*<sup>143</sup> en ganado *Bos indicus* y amamantamiento continuo, encontraron un P180 días menor a los del presente trabajo (154 kg), al igual que ocurrió con otro estudio realizado anteriormente por uno de estos autores<sup>144</sup> quien menciona un peso de 160 kg a los 6 meses.

Existen diferentes trabajos donde se demuestra que el sexo de la cría es una fuente de variación importante sobre el PN, como lo demuestran Holroyd *et al.*<sup>140</sup> quienes encontraron que el PN de los machos fue significativamente mayor que el PN de las hembras.(33 vs. 30 kg), lo que coincide con lo mencionado por otros autores;<sup>63,145</sup> sin embargo, Meyn y Wilkins<sup>146</sup> no encontraron diferencias sobre el PN atribuidas al sexo de la cría, como ocurrió en el presente trabajo; resulta difícil explicar esta situación, sin embargo, la pobre nutrición durante el preparto parece ser la razón de esto. Holroyd *et al.*<sup>140</sup> además de encontrar efecto del sexo de la cría sobre el PN, también señalan que el PD fue mayor en los machos cuando este se realizó a los 5 meses (162.3 vs. 149.7 ± 7.1) o a los 240 días (181.3 vs. 167.0 ± 7.2), coincidiendo con Rico *et al.*<sup>142</sup> quienes encontraron pesos mayores en los machos al evaluar PN, a los 3 y 6 meses. Sin embargo esto se contrapone a lo encontrado en este experimento, ya que únicamente se mostró una tendencia a que los machos presentaran un mayor peso a los 120 y 180 días de edad ( $P < 0.10$ ). Al respecto, se sabe que el efecto del sexo en el PN, se hace más evidente con el desarrollo de los animales, debido a la acción diferencial de las hormonas características de ambos sexos, ya que en las hembras, la secreción predominante de estrógenos de los ovarios provoca un crecimiento más lento, mientras que los machos están expuestos a la testosterona, el anabólico por excelencia.<sup>139</sup>

El PN de las vacas no inseminadas y con una CC baja, presentó una ligera tendencia a ser mayor que en las crías de vacas inseminadas y con una CC alta ( $P < 0.10$ ). El trabajo de Santos *et al.*<sup>88</sup> en vacas cebú, señala que en las vacas con

una CC baja y que amamantan a su cría dos veces al día, se incrementa significativamente el intervalo a primera ovulación y a primer celo (73 y 88 días respectivamente), en comparación de las que solo amamantan una vez al día (131 y 143 días), situación que no ocurre en vacas con una CC alta (56 y 67 días); al respecto Mukasa – Mugerwa *et al.*<sup>90</sup> sugieren que las vacas con una pobre CC al parto, tratarán de formar reservas corporales a expensas de la lactación, con una producción láctea suficiente para el mantenimiento de su becerro y a pesar de que la actividad ovárica puede reiniciarse, la manifestación externa de estro se retrasará hasta que las reservas corporales queden en un punto medio. En contraste, las vacas que llegan con una buena CC al parto, se esforzarán por expresar su máximo potencial genético en la lactación, con el consiguiente buen desarrollo de su cría.

Existe controversia sobre cuál es la mejor técnica de destete, sin embargo, lo importante es que para disminuir el periodo de anestro, hay que realizar alguna sin descuidar el desarrollo de la cría.<sup>47</sup> Las GDP de las crías se verán notablemente disminuidas en respuesta al retiro parcial o total de la leche por un manejo de la lactancia o por el destete (temporal o definitivo), que entre más tempranamente se presente en la vida de las crías afectará más su desarrollo.<sup>139,142</sup> Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo, puesto que fue evidente la diferencia en las GDP antes y después del destete, quedando perfectamente demostrado que las GDP del nacimiento hasta los 120 días fueron superiores que las GDP de los 120 a los 180 días, lo que obedece al estado de desarrollo o edad de los animales, ya que a medida que van creciendo, las GDP se reducen paulatinamente hasta que el bovino alcanza su peso adulto, cuando la GDP es mínima.<sup>147</sup> Bajo condiciones tropicales, la duración del amamantamiento puede ser de hasta 8-9 meses o más;<sup>18,54</sup> por lo que se debe implementar una estrategia que disminuya dicho tiempo y por ende el periodo de anestro posparto, sin afectar el desarrollo de la cría.

Entre los principales factores que afectan el desarrollo de la cría, se pueden mencionar: el PN y sexo del becerro, el semental, la raza, la edad y el número de

parto de la madre y por ende su PV y CC, así como las condiciones de manejo y alimentación durante el periodo de crecimiento<sup>48,139</sup> Sin embargo, de todas las variables estudiadas sobre las GDP (carga animal, sexo y PN del becerro, número de parto, CC y PV de la madre), se encontró que únicamente el PV de la madre fue significativo. Es evidente que la cría, debe convivir con este factor durante toda la etapa de amamantamiento, a diferencia de lo que ocurre en una lactancia artificial, donde el PV de la madre no tiene por qué influir sino solo a través del PN y en la semana siguiente.<sup>139</sup> Una explicación del efecto del PV de la madre sobre las GDP de los becerros, quedan reflejadas en el trabajo de McSweeney *et al.*<sup>50</sup> quienes al evaluar el efecto de la suplementación animal pre y posparto, mencionan que el peso promedio de las vacas al momento de iniciar el experimento (5 semanas antes del parto) era de 345 kg. Este peso, disminuyó 6 kg en las vacas que no recibieron suplementación en el preparto, y aumentó 16 kg en las que si fueron suplementadas. Durante los dos meses siguientes al parto, las vacas suplementadas antes y después del mismo, mantuvieron el peso, mientras que las vacas que únicamente recibieron suplemento en el posparto ganaron 26 kg, y las vacas control perdieron otros 39 kg. El PN de los becerros de las vacas suplementadas en el preparto fue significativamente mayor que en los becerros de las vacas no suplementadas (34.2 vs 28.6 kg). Las GDP para los becerros de las vacas suplementadas pre y posparto fueron 0.62 kg/día, para los becerros de las vacas suplementadas únicamente en el posparto fueron 0.52 kg/día y 0.41 kg para los becerros de las vacas control, siendo significativamente diferentes entre sí.

Existen pocos estudios sobre suplementación que sean a largo plazo, uno de ellos es el de Siebert *et al.*<sup>148</sup> quienes trabajando con novillas bajo condiciones de trópico seco, no encontraron diferencias en el porcentaje de concepción entre el grupo tratado y el grupo control, a menos que durante el periodo de crecimiento, el forraje fuera de baja calidad debido a las escasas lluvias, en cuyo caso el porcentaje de concepción se incrementó 50 % en el grupo suplementado.

Es importante resaltar que se obtuvieron 22 becerros nacidos vivos en cada carga y que fueron mantenidos en pastoreo desde el nacimiento hasta los 4 meses de

edad, junto con sus madres, alcanzando un PD de  $146.5 \pm 16.6$  kg para la carga alta y de  $148.5 \pm 14.5$  kg para la carga baja. Al analizar estos datos en forma aislada puede no tener significancia, sin embargo, al comparar los kg/becerro-destetado/ha, podemos ver que este valor fue muy superior en el caso de la carga alta (4598 vs 3089 kg,  $P < 0.01$ ). La diferencia en kg/becerro-destetado/ha (1500 kg) es el reflejo material de la superioridad productiva de la carga alta. Al respecto, Holroyd *et al.*<sup>149</sup> bajo condiciones de trópico seco en ganado de carne, compararon la eficiencia reproductiva de un hato en pastoreo sobre gramas nativas, con otro grupo de vacas que pastaron en praderas fertilizadas con superfosfato, encontrando que las vacas que pastaron leguminosas fertilizadas, tuvieron mejores porcentajes de concepción solamente en uno de los cinco años del periodo de estudio, pero en general, tuvieron una mejor CC y PV, mientras que sus becerros crecieron más rápido que las vacas control que pastaron en gramas nativas. Los autores concluyen que el PV producido por unidad de área en la vaca y el becerro, fue 2.4 veces mayor en las praderas fertilizadas. Esto se contrapone a lo señalado por McDougall *et al.*<sup>32</sup> quienes evaluaron el efecto de dos cargas animal en vacas Jersey (4.5 = alta y 3.5 = baja) y Friesian (4.0 = alta y 3.0 = baja), encontrando que la carga animal baja fue significativamente mejor en varios aspectos a la carga alta, entre ellos la CC (4.8 vs 4.4), el PV (385 vs 363 kg) y la producción lactea (2.3 vs 1.6 kg/leche), que en suma provocan un alargamiento del periodo de anestro posparto; estos autores sugieren que el incremento en la carga animal o producción por hectárea, puede resultar económicamente contraproducente. La controversia de los beneficios del aumento en la carga animal que se traduce en producción por hectárea y no por animal, establece la necesidad de realizar estudios posteriores considerando un tiempo mayor (2-3 años) y una población más grande, con la finalidad de determinar el costo – beneficio al aumentar la carga animal.

## **Eficiencia reproductiva.**

### **Índice de hembras inseminadas antes de los 180 días.**

Se encontró efecto de la carga animal sobre el porcentaje de hembras inseminadas antes de los 180 días, siendo mayor para la carga baja (95.5% vs 77.3%). Existe poca información al respecto; sin embargo, al extrapolar los resultados del efecto de la carga animal sobre la eficiencia reproductiva, se puede observar que estos resultados coinciden parcialmente con lo mencionado por Vera<sup>1</sup> quien trabajó con novillas Brahman en pastoreo continuo bajo condiciones tropicales, encontrando que la edad al momento de la concepción para la carga mayor (2.7 animales/ha) fue de 1223 días, mientras que fueron de 1066 y 1036 días para 1.9 y 1.4 animales/ha respectivamente, demostrando que la carga mayor tuvo un efecto detrimental sobre dicho parámetro; tal y como ocurrió con el índice de vacas inseminadas en el presente estudio.

Contrariamente, Hernández *et al.*<sup>31</sup> trabajando con novillas en pastoreo continuo bajo condiciones tropicales, evaluaron el efecto de la carga animal sobre el peso y edad a primer servicio, encontrando que en la carga menor (2 animales/ha) se alcanzaron los mejores valores con un peso de 285 kg y 22 meses de edad; mientras que para la carga mayor (2.7 animales/ha) fueron 276 kg y 25 meses de edad, por lo que el incremento en la carga, mostró efectos negativos al provocar las ganancias diarias de peso más bajas (407 vs 300 g/animal/día) y un mayor alargamiento del ciclo.

El intervalo a primera inseminación artificial (PIA), fue de  $151 \pm 15$  días en ambas cargas. Algunos estudios realizados en ganado *Bos indicus*, en amamantamiento continuo y con destete realizado a 180 días, han encontrado resultados similares a los del presente estudio. Martínez *et al.*<sup>150</sup> mencionan que el intervalo a primer celo fue de 142 días; Brito *et al.*<sup>143</sup> indican un tiempo de anestro de 155 días y Brito<sup>144</sup> indica que dicho intervalo fue de 168 días presentando gran variación (DE = 77 días). Otros trabajos, mencionan intervalos superiores que fluctúan entre 173 días<sup>41</sup> y de 200 días,<sup>63</sup> sin embargo, en los dos estudios, dichos intervalos se vieron influenciados por otros factores, puesto que se trató de vacas en ordeño

tradicional, en el que las vacas son ordeñadas con “apoyo” del ternero dejándole a este un cuarto de leche para su alimentación.

Contrariamente, se han realizado otros estudios, que señalan menos días del parto a primer servicio, como el trabajo de Moore y Campos da Rocha<sup>131</sup> en vacas *Bos indicus*, quienes encontraron un intervalo a primer estro que dependió del tiempo de destete, y que fue de 40 días cuando se realizó a un mes, siendo significativamente menor que cuando se realizó a 3,5 o 6 meses (63 días) sin diferencias significativas entre ellos; por otra parte, Browning *et al.*<sup>47</sup> mencionan resultados similares con un intervalo a primer estro de 65 días en vacas Brahman en amamantamiento continuo; sin embargo, la razón de estos tiempos tan cortos, fue debida a que estos animales fueron alojados en un corral de engorda, recibiendo una dieta concentrada, y sin tener acceso al pastoreo. Al parecer, en el ganado *Bos indicus*, bajo condiciones tropicales, es difícil que se presente el primer celo antes de los primeros 100 días posparto, como lo sugieren Galina y Arthur<sup>42</sup>

En el presente estudio, de todas las vacas inseminadas, únicamente el 18.0% (8/44), mostraron celo antes del destete. Este hecho, resulta trascendental puesto que el intervalo a primera inseminación artificial fue superior a 150 días en ambas cargas, es decir justo después de que el balance de energía negativo alcanza su punto máximo (nadir de PV), momento a partir del cual la vaca deja de perder peso,<sup>25,74,151</sup> lo que permite sugerir que es necesario superar este punto para reiniciar la actividad ovárica. Los estudios de Short *et al.*<sup>40</sup> y Galina y Arthur<sup>42</sup> señalan que el amamantamiento es uno de los principales factores que determinan la longitud del anestro posparto, lo que explica que la primera inseminación artificial se presentara un mes después de realizado el destete (120 días) y además que únicamente el 18% de las vacas, mostrara celo antes del mismo.

#### Actividad ovárica posparto.

En el presente estudio, para ambas cargas, el intervalo a primer folículo dominante (PFD) fue de  $51 \pm 6$  días y a primer folículo ovulatorio (PFOv) de  $120 \pm 10$  días. Al



respecto, Martínez *et al.*<sup>150</sup> trabajando con ganado cebú mencionan que el PFD se presentó a  $39 \pm 25$  días, y sin embargo la manifestación del primer celo fue hasta los  $142 \pm 40$  días, encontrando que la prolongación del periodo anovulatorio estuvo asociado a un fracaso en la ovulación del PFD; siendo congruente con lo señalado en el trabajo de Tegegne *et al.*<sup>152</sup> quienes encontraron que la actividad ovárica normal se reinició al final del cuarto mes posparto. El estudio realizado por Hippen y Escobar,<sup>63</sup> quienes trabajaron con ganado *Bos indicus*, menciona que el intervalo a PFOv fue de 139 días. El trabajo de Mukasa-Mugerwa *et al.*<sup>90</sup> demostró en ganado *Bos indicus* estabulado que a pesar de que este es capaz de ovular en el posparto temprano (44 días), pueden pasar tres meses más para la manifestación del primer celo (128 días).

En el ganado bovino, después del parto, existe una supresión temporal para el desarrollo del primer folículo dominante (PFD), que naturalmente ocurre durante otros estados fisiológicos y productivos del animal como lo son en el ciclo estral, en el inicio de la pubertad y en la gestación temprana.<sup>101</sup> Después del parto, en el ganado *Bos taurus* con una CC adecuada, el desarrollo folicular comprende el crecimiento y regresión (atresia) de folículos que no sobrepasan los 8 mm, hasta que alrededor del día  $12 \pm 9$  días, se presenta el PFD, el cual ovulará en la mayor parte de las vacas (73%); sin embargo, habrá algunas vacas (5%), en las que se presenta un periodo secuencial de crecimiento y atresia de este PFD, antes de que sea capaz de ovular; en otras vacas (22%), el PFD se volverá quístico, lo que conllevará a prolongar el intervalo al primer folículo ovulatorio (PFOv), puesto que este debiera presentarse a  $12 \pm 3$  días del parto en vacas normales a diferencia de lo que ocurre en vacas que desarrollan quistes, en las que se presenta a 58 días.<sup>114</sup> Por lo tanto en vacas lecheras, existe un reinicio temprano de la actividad ovárica reflejada por el desarrollo y ovulación del PFD.

Sin embargo, en la vacas de carne en amamantamiento, el destino del PFD es diferente, a diferencia de lo que ocurre en el posparto de las vacas lecheras. En el ganado de carne en una CC razonable, la mayor parte de las vacas desarrollan el PFD en los 14 días siguientes al parto y sin embargo la mayor parte de estos

folículos sufren atresia, puesto que solo ovulan el 11%, es decir que la recurrente regresión (atresia) y crecimiento del FD antes de la primera ovulación ocurre en mayor proporción que en ganado lechero, deduciendo que en ganado de carne, el alargamiento del periodo de anestro posparto es debido principalmente a una falla en la ovulación de la mayoría de los primeros FD, más que a un retraso en el desarrollo del mismo. Todo lo anterior, explica porque tuvieron que pasar 60 días más a partir del PFD en la carga alta y casi 80 días en el caso de la carga baja, para que se presentara el PFOv.<sup>104</sup>

#### Indíces de fertilidad

La duración del periodo de anestro posparto está condicionada por diversos factores, entre ellos el número y época de parto, la nutrición, el amamantamiento y la condición corporal.<sup>40,42,45</sup> Además, en el ganado cebú, se ha observado una marcada variación estacional de la fertilidad y de la eficiencia reproductiva, que puede estar asociada a cambios climatológicos a lo largo del año, pero sobre todo a factores nutricionales, genéticos y de manejo.<sup>153</sup> Estas son algunas de las razones por las que los parámetros reproductivos del ganado bovino sean tan variables durante el periodo posparto.

En el presente estudio, a pesar de que en la carga baja, el porcentaje de vacas inseminadas fue mayor que en la carga alta, no se encontró efecto de la carga animal sobre el índice de gestación general en el presente estudio, que fue del 59% para ambas cargas. Soto<sup>130</sup> encontró que la suplementación en novillas Brahman, no mostró efecto sobre el índice de gestación general (73%), lo que en cierto modo explicaría que esta variable no se viera afectada por la carga animal, a pesar de que la carga baja ofreciera mayor cantidad de forraje y por lo tanto mayor posibilidad de selección e incluso una mejor calidad forrajera, situación que no ocurrió. Debido a que la fertilidad (proporción de vacas preñadas en un hato) es una variable binomial, es necesario tener un gran número de observaciones para demostrar diferencia significativa. Por esta razón, generalmente es difícil demostrar efectos de la nutrición y el manejo sobre la fertilidad en un solo hato a lo largo de un año.<sup>84</sup>

No obstante, el amplio rango de las cargas animal que fueron utilizadas, la diferencia entre la carga alta y la carga baja no fueron significativas, lo que hace reflexionar de la capacidad o presión de pastoreo que pudo soportar la carga "alta", que probablemente no lo fue tanto como se planteó al inicio del experimento. Esta conclusión, fue sugerida años atrás por Vera,<sup>1</sup> quien trabajó con novillas Brahman en pastoreo continuo bajo condiciones tropicales, utilizando tres cargas animal (2.7, 1.9 y 1.4 animales/ha) sin encontrar efecto alguno sobre el peso al momento de la concepción, puesto que los animales de los tres tratamientos, concibieron a un peso similar (290 kg). Por otra parte, Makarechian y Arthur<sup>137</sup> trabajando con ganado de carne, encontraron que las vacas con una CC al parto menor a 3 alcanzaron un menor índice de gestación y un mayor intervalo entre partos (77% y 375 días respectivamente), que las vacas con una CC de 3 o más (85% y 368 días), lo que indica que del primer grupo las vacas que reinician su actividad reproductiva, lo hacen tardíamente. Sin embargo, estos índices de gestación mencionados fueron muy superiores a los alcanzados en el presente estudio, debido probablemente a que la composición del grupo racial de estos animales (*Bos taurus*) resaltara su mejorado valor híbrido (37% Angus, 34% Charolais, 21% Galloway y 8% otras razas).

En el ganado *Bos indicus*, el PV de 300 kg es considerado como un peso crítico, debajo del cual raramente conciben las vacas.<sup>132</sup> En un estudio realizado anteriormente<sup>133</sup> se determinó que cuando la vaca pierde entre el 25-30% del PV adulto, fisiológicamente es imposible que quede preñada; estos datos coinciden parcialmente con los resultados del presente trabajo, ya que en ninguna carga se superaron dichos valores, puesto que ninguna vaca presentó un peso menor a 370 kg y el porcentaje de pérdida entre el PV al parto y el PV al nadir, fue del 16% en la carga alta y del 19% en la carga baja.

La carga animal no tuvo efecto sobre, el índice de gestación a primer servicio que fue de 45.4% en ambas cargas. Resultados similares fueron mencionados por Soto<sup>130</sup> quien encontró que la suplementación en novillas Brahman, no mostró efecto sobre el índice de gestación a primer servicio (48%). Por otra parte, los

resultados del presente trabajo fueron inferiores a los mencionados por Menendez *et al.*<sup>154</sup> quienes al analizar los registros de 162,700 inseminaciones demuestran que el porcentaje de inseminación a primer servicio bajo condiciones tropicales, fue del 59% para ganado *Bos indicus*, probablemente la diferencia en los valores sea debido a que en dicho trabajo, las condiciones de pastoreo fueron óptimas, tal y como ocurrió en los meses de máxima fertilidad, durante los meses de junio y agosto. Contrariamente, otros estudios han encontrado valores inferiores al del presente trabajo. Al respecto, Honhold *et al.*<sup>155</sup> en un estudio realizado en áreas comunales en Zimbabwe, mencionan que la principal limitante de la reproducción bovina en estas áreas es debida a la baja fertilidad que fue de 16 y 25% en la época de sequía y lluvias respectivamente, sin embargo la CC de estos animales fluctuó entre 1.5 y 2 (escala del 1 al 5), mientras que en los pocos animales con CC de 2.5 la fertilidad aumentaba considerablemente, llegando hasta 42%; a su vez, la pobre CC generalizada en los animales fue atribuida al pobre estado nutricional y particularmente a la baja ingesta de nitrógeno y debido en parte a las elevadas cargas animal, que provocaron un sobrepastoreo.

El intervalo parto concepción para la carga alta fue de 135 días mientras que para la carga baja fue de 155 días, que son valores muy cercanos a los promedios mencionados en las revisiones bibliográficas realizadas por Anta *et al.*<sup>156</sup> y por Rivera *et al.*<sup>157</sup> quienes coinciden en señalar un intervalo de 150 días, indicando que este parámetro se comporta de manera uniforme en los animales en pastoreo bajo condiciones de trópico, y que existen factores diferentes al clima que pueden influir para que estos valores sean aceptables o se eleven demasiado. Al respecto, en el trabajo de Osoro y Wright,<sup>84</sup> solamente el 42% de la variación del intervalo entre partos fue debida a los factores estudiados (fecha de parto, CC al parto, raza y edad de la vaca). Esto permite sugerir que existe una gran cantidad de factores no identificados que influyen directamente en el desempeño reproductivo de la vaca de carne y por lo tanto se requiere de investigaciones futuras antes de que este pueda predecirse y manejarse con seguridad.

El intervalo parto - concepción para la carga alta fue más corto que el intervalo parto – PIA; esto se debe a que la falla en la preñez es más común en las vacas con un mayor intervalo del parto a PIA; y que a su vez requieren de mayor número de servicios por concepción.<sup>158</sup> En el presente trabajo, el número promedio de servicios por concepción fue de 2.0. Al respecto, Soto<sup>130</sup> encontró que la suplementación en novillas Brahman, no mostró efecto sobre dicho parámetro que fue de 2.2. Los datos sobre el uso de la IA en ganado bajo condiciones de trópico, indican que la moda del número de servicios por concepción es de 1.6,<sup>159</sup> mientras que Anta *et al.*<sup>156</sup> señalan que bajo condiciones de trópico mexicano, el número promedio de servicios por concepción es de 1.8, siendo menor al de vacas lecheras en altiplano que fue de 2.1. Al respecto, Zarco<sup>160</sup> al evaluar la eficiencia en la detección de calores en establos lecheros de México, informa que el promedio de celos detectados es del 56%, por lo que un número muy alto de vacas no se insemina, situación que se agrava aún más bajo condiciones tropicales, puesto que la intensidad y duración del celo se ven disminuidos por factores relacionados con el estrés calórico<sup>157,159</sup> Todos estos estudios demuestran que la fertilidad es aceptable una vez que la vaca es detectada en celo, desafortunadamente, esto no sucede hasta después de los 100 días posparto.<sup>161,162</sup>

#### Progesterona plasmática (P<sub>4</sub>).

##### Duración del ciclo estral

La longitud del ciclo estral determinada por los niveles de P<sub>4</sub> fue de  $19.6 \pm 4.0$  días para ambas cargas, encontrando que la carga animal no mostró efecto sobre esta variable. Al respecto, Soto<sup>130</sup> al suplementar novillas Brahman, no encontró efecto de la misma sobre la longitud del ciclo estral, mencionando resultados muy similares a los del presente estudio ( $19.4 \pm 2.8$  días). Dichos resultados, son congruentes con los mencionados en diferentes revisiones bibliográficas<sup>156,162,163</sup> en las que se señala que la longitud del ciclo estral en ganado *Bos indicus* bajo condiciones tropicales es de 21 días, con un rango que fluctúa entre los 18 y 22 días; estas afirmaciones sustentan los resultados del presente estudio, puesto que

de todos los ciclos registrados, el 79% fueron de duración normal (18 a 23 días), 15% de duración corta (11 a 17 días) y solo el 6% fueron de larga duración (24 a 30 días).

Las alteraciones en la duración del ciclo y sobre todo las que provocan su alargamiento, traen consigo grandes pérdidas económicas, dichas alteraciones pueden ser debidas a: deficiencias en la detección del celo o en la alimentación.<sup>164</sup> Sin embargo, la posible explicación más común, del alargamiento del ciclo estral (25 días) es debida a la pérdida embrionaria, que se presenta tras la IA (generalmente entre el día 15 y 18), por lo que posteriormente debe pasar un lapso de tiempo antes de que la vaca retorne a estro, resultando en un ciclo estral de longitud mayor; todo lo anterior explica la presentación del 6% de los ciclos estrales con duración mayor a 23 días.<sup>165,166</sup> Por otro lado, se sabe que la mayoría de los ciclos estrales después de los 40 días posparto son de duración normal, sin embargo, existe evidencia de que pueden presentarse ciclos cortos después de este lapso, tal y como ocurre en el posparto temprano o al inicio de la pubertad<sup>40,161,167</sup> que fue lo que ocurrió con el 15% de los ciclos estrales y que fueron de duración corta. Cabe mencionar que dichos ciclos cortos, generalmente se presentaron al reinicio de la actividad ovárica posparto. Al respecto se sabe que la ovulación siguiente al celo de un ciclo estral que será corto, liberará un óvulo que es capaz de ser fertilizado, sin embargo también se sabe que el CL formado durante un ciclo estral corto es más pequeño y secreta menos P<sub>4</sub>, provoca un inadecuado desarrollo folicular, alteraciones en la secreción de gonadotropinas (LH y/o FSH) por la hipófisis e incremento en la secreción de PGF2 $\alpha$ .<sup>40,79</sup>

#### Días y concentración máxima de progesterona al primer ciclo estral detectado.

El intervalo a la primera elevación de progesterona (PEP<sub>4</sub>) fue similar en ambas cargas con  $124.8 \pm 9.0$  días promedio. Dicho valor fue cercano al mencionado por Soto,<sup>130</sup> quien encontró que la PEP<sub>4</sub> en novillas se presentó a  $114.5 \pm 61.6$  días. Por otra parte el estudio de diagnóstico realizado por Corro *et al.*<sup>10</sup> en la zona Centro-Norte del estado de Veracruz, determinó una fluctuación en los días a la PEP<sub>4</sub> de 72 hasta 149 días, rango dentro del cual caen los datos del presente

estudio. En dicho trabajo, tal variación fue debida principalmente a las diferentes condiciones de manejo, alimentación y suplementación en cada uno de los hatos. La máxima concentración de  $P_4$  en el primer ciclo detectado, fue similar en ambas cargas con un promedio de  $4.2 \pm 0.6$  ng/ml. Al respecto, existen discrepancias sobre la concentración alcanzada en la mitad de la fase lútea en ganado que es mantenido bajo condiciones tropicales y si es mayor o menor que la del ganado en condiciones templadas. Algunos autores, mencionan que la concentración durante la mitad de la fase lútea, raramente excede de 3 ng/ml<sup>122,168,169</sup> mientras que otros autores han mencionado concentraciones que llegan a 7 ng/ml.<sup>170,171</sup> Los hallazgos del estudio realizado por Pulido *et al.*<sup>172</sup> sobre el efecto del anticuagulante, tiempo y temperatura de incubación sobre la concentración de  $P_4$ , sugieren que una posible causa de que algunos autores encontraran resultados inferiores en ganado *Bos indicus*, pueda ser debida a la degradación de la  $P_4$  durante el periodo de la colección hasta la separación del plasma. Otra posible explicación de las diferencias en estos reportes, puede tener su origen en el efecto del estrés calórico sobre algunos animales, ya que su adaptación o resistencia al mismo generalmente depende de la raza.<sup>159</sup>

No se encontró diferencia significativa entre la concentración de  $P_4$  de los animales que quedaron gestantes y de aquellos que no quedaron gestantes. Estos resultados pueden sustentarse con los mencionados por Aké *et al.*<sup>173</sup> quienes evaluaron la concentración plasmática de  $P_4$  en hembras bovinas receptoras de embriones, sin encontrar diferencia en la concentración de las vacas que quedaron gestantes y de las que no (3.0 vs. 3.2 ng/ml); similarmente, no encontraron diferencia en el porcentaje de preñez (47%, 60% y 40%) de las vacas que fueron clasificadas en tres grupos de acuerdo a su concentración promedio de  $P_4$  (<2.5, de 2.5 a 5 y > a 5 ng/ml respectivamente); en dicho trabajo se sugiere que los valores extremos (<2.5 y > a 5 ng/ml) al momento de la transferencia, afectan negativamente la fertilidad de la hembra receptora y que la selección de las mismas no debiera efectuarse únicamente por palpación rectal, debido a la posible presencia de cuerpos lúteos que no sean detectados por este medio, pero

con suficiente funcionalidad y capacidad de producir  $P_4$ . Sin embargo esto se contrapone a lo señalado por Oyedipe *et al.*<sup>169</sup> quienes en ganado *Bos indicus*, encontraron una mayor concentración de  $P_4$  de las vacas que quedaron gestantes tras la IA, que la concentración de las vacas que ciclaron nuevamente; al parecer debido a que el cuerpo lúteo de las vacas que quedaron gestantes fue significativamente mayor el día 6 y 8 postinseminación.

Las vacas que parieron una cría hembra, tendieron a alcanzar una concentración mayor que las que parieron una cría macho (4.9 vs. 3.5 ng/ml), ( $P < 0.10$ ). Sobre este tópico, resulta interesante lo mencionado por Lynch *et al.*<sup>174</sup> y que podría explicar lo encontrado en el presente estudio. El experimento de éstos autores consistió en aplicar un CIDR en el día 2-3 postinseminación y retirarlo 10 días después, aplicando al mismo tiempo una inyección de un análogo de GnRH; encontrando que las crías hembras de vacas tratadas alcanzaron un mayor peso al nacimiento que las crías de las vacas que no recibieron tratamiento (33 vs. 31 kg), y sin embargo, en el caso de las crías machos, no se encontró diferencia (35 vs. 36 kg).

La concentración de  $P_4$  en las vacas que ciclaron nuevamente tras la IA, disminuyó paulatinamente a partir del día 15 hasta llegar a la mínima concentración el día 20, esta caída de  $P_4$  ha sido señalada en diversos estudios que demuestran que la regresión del cuerpo lúteo ocurre entre el día 14 y 16.<sup>95,108,109,125</sup>

#### Número de ciclos estrales.

Las repeticiones del celo en el ganado bovino en climas cálidos constituye uno de los factores que limitan su productividad. La frecuencia de presentación del síndrome de repetición del celo fluctúa ampliamente, dada la etiología, que puede estar condicionada por múltiples factores, destacándose entre ellos los efectos del manejo reproductivo, el clima, la subalimentación y los de índole genético.<sup>175</sup>

Mediante los perfiles de  $P_4$  se determinó que el 65% de las vacas que quedaron gestantes presentaron entre 1 y 2 ciclos, mientras que el 35% restante presentó 3 ó más; ocurriendo a la inversa con las vacas que no quedaron gestantes, puesto



que solo el 33.0% presentó entre 1 y 2 ciclos y el 66.0% restante 3 ó más. Todo lo anterior quiere decir que las vacas que quedaron gestantes, lo hicieron rápidamente una vez reiniciada su actividad ovárica, y que las vacas que no quedaron gestantes fueron en su mayoría repetidoras (3 ó más servicios).

Bajo condiciones de campo en zonas tropicales, por lo general, es difícil realizar una detección de celos precisa;<sup>176</sup> particularmente es difícil, porque la vaca cebú no monta repetidas veces, durante el estro.<sup>177</sup>

En el posparto temprano, la incidencia de ovulaciones silenciosas es elevada llegando a 77% a la primer ovulación posparto, a 54% en la segunda y a 36% en la tercera. Se ha determinado que la frecuencia de estros silenciosos está más relacionada al número de ciclos posparto que a la longitud del anestro posparto.<sup>163</sup>

### Estructuras ováricas

#### Diámetro folicular

El estudio realizado por Soto<sup>130</sup> en ganado *Bos indicus*, durante el periodo comprendido entre el parto y la presentación del primer celo, señala que ni la suplementación alimenticia ni la CC de las vacas fueron factores que afectaran la población folicular en ninguna de las tallas o clases foliculares basadas en el diámetro (4-5, 6-8, 9-11 y > a 11 mm); en el mismo estudio se señala que se presentó una gran variación en todas las tallas con respecto a la media, de lo que deduce que algunas hembras desarrollaron una gran cantidad de folículos antes de la presentación del primer celo, mientras que en otras, el celo resultó del desarrollo espontáneo de uno o dos folículos y posterior ovulación de uno de ellos que fue el dominante, tal y como ocurrió en el presente estudio. Sobre la gran variación señalada con respecto de la media, los estudios de Lucy *et al.*<sup>95</sup> y Murphy *et al.*<sup>104</sup> indican que los patrones de crecimiento folicular después del parto son inconsistentes, ya que algunas vacas presentan ovarios inactivos, mientras que otras desarrollan folículos grandes (> a 10 mm), sugiriendo que esto pueda deberse a una inadecuada secreción de LH que a su vez pudiera estar asociada con un deficiente consumo de energía y con el amamantamiento.

En el presente estudio, desde los 21 días posparto hasta la presentación del primer ciclo, el número de folículos < a 5 mm para la carga alta fue de  $198.1 \pm 112.6$  mientras que para la carga baja fue de  $276.0 \pm 136.8$ ; no obstante la gran variación que hubo entre los animales de una misma carga se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) lo que no ocurrió con el número de folículos de mayor tamaño. También se encontró que el número promedio de folículos con un diámetro entre 6 y 8 mm, tendió a ser mayor en la carga baja ( $P < 0.10$ ) para cada uno de los ciclos. Al respecto, Prado *et al.*<sup>178</sup> encontraron que durante la quinta semana posparto, las vacas con una CC alta, presentan una mayor cantidad de folículos que las vacas con una CC baja, lo que permite sugerir que durante la foliculogénesis efectuada en ese periodo, las vacas con mejor CC poseen una mayor capacidad de reclutamiento folicular. Esto coincide con lo señalado por Domínguez,<sup>179</sup> quien encontró que las vacas con una CC de 3 a 5, presentaron mayor cantidad de folículos pequeños (1 a 4 mm) que las vacas con una CC de 1 a 2; lo que permite sugerir que con el reducido número de folículos pequeños, también disminuye la posibilidad de reclutamiento y posteriormente selección de folículos de buena calidad, que de continuar desarrollándose reducirán la probabilidad de niveles de fertilidad apropiados. Como se mencionó anteriormente, la carga animal no mostró ningún efecto sobre la CC de los animales; sin embargo mediante regresión múltiple (Figura 4), se aprecia que la pendiente de los animales de la carga baja se mantiene en casi todo el experimento, un cuarto de unidad (0.25) por encima de la pendiente de la carga alta. Todo lo anterior, podría explicar la tendencia de que el número de folículos de la carga baja sea mayor que en la carga alta y que probablemente hubiese sido significativo de haber contado con una población mayor.

Se ha mostrado que el bajo plano nutricional reduce el diámetro y la persistencia del folículo dominante en vaquillas de carne;<sup>136</sup> similarmente se ha observado una tendencia a aumentar la proporción de ciclos estrales con tres folículos dominantes.<sup>180</sup> Al respecto Ahmad *et al.*<sup>109</sup> encontraron que el número de ondas foliculares afecta la duración del ciclo estral que fue de  $20.7 \pm 0.3$  días, en vacas

que presentaron 2 ondas foliculares y de  $21.8 \pm 0.7$  días para vacas que presentaron tres ondas.

El número de folículos por ciclo de acuerdo a la categoría con respecto al diámetro fue de  $35.5 \pm 15.4$ ,  $19.9 \pm 9.5$  y de  $3.6 \pm 2.6$  para los folículos  $> a 5$ , de 6 a 8 y  $> a 9$  mm respectivamente. Sobre el tema, el estudio de Prado *et al.*<sup>178</sup> señala que en animales con una CC de 2.8, a la novena semana posparto el número de folículos pequeños fue 24.4, el de folículos medianos fue de 13.7 y el de folículos grandes fue de 2.4, que fueron muy similares a los encontrados en el presente estudio.

El efecto de la orientación anatómica del ovario (izquierdo o derecho), sobre el número de folículos presentes hasta antes del primer ciclo, así como sobre el número promedio de folículos durante un ciclo, presentó una tendencia a ser mayor en el ovario derecho. Similarmente Ahmad *et al.*<sup>109</sup> encontraron una mayor proporción (62%) de folículos dominantes y ovulatorios en el lado derecho; coincidiendo con lo señalado por Fitzpatrick y Entwistle<sup>116</sup> quienes a través de un estudio de disección, encontraron que el ovario derecho, presentó un mayor número de folículos pequeños (28 vs 24), medianos (2 vs 12), grandes (0.5 vs 0.7) y por supuesto totales (26 vs 40) que el ovario izquierdo. Todos estos hallazgos permiten sugerir que la respuesta a esta diferencia tiene un sustento meramente anatómico, puesto que la funcionalidad del ovario izquierdo se vera seriamente comprometida por su estrecha vecindad con la pared ruminal.

A pesar de que no hubo grandes diferencias de la población folicular entre cargas, la dinámica folicular de la carga baja, presentó un cambio más similar al reportado en la literatura<sup>95</sup> ya que se puede apreciar que al aumentar el número de folículos pequeños ( $< a 5$  mm), disminuye el de folículos grandes ( $> a 9$  mm) y viceversa, debido a los sucesos simultáneos de reclutamiento, selección, dominancia y atresia.

#### Diámetro del cuerpo lúteo

El efecto de la carga animal no mostró efecto sobre el diámetro del cuerpo lúteo que fue en promedio de  $13.0 \pm 4$  mm para ambas cargas. Soto<sup>130</sup> encontró que la suplementación en novillas Brahman, no mostró efecto sobre el tamaño del cuerpo

lúteo que en promedio fue de  $11.7 \pm 1.6$  mm, valor inferior al del presente estudio por tratarse de animales en crecimiento.

### **Disponibilidad de Materia Seca Presente (MSP) y Consumo de Materia Seca (CMS).**

#### Disponibilidad de MSP por potrero y por hectárea.

La disponibilidad de MSP/potrero dependerá de la extensión de este por lo que su comparación se debe realizar en kg/MSP/ha, unificando los criterios de comparación sin importar el tamaño del potrero.<sup>33</sup> Los promedios para la disponibilidad de MSP/ha antes del pastoreo fueron de 3724 kg/MSP/ha para carga alta y de 3118 kg/MSP/ha para carga baja. En el estudio realizado por Corro *et al.*<sup>10</sup> sobre las condiciones y sistemas de producción implementados por pequeños productores de ganado de doble propósito en pastoreo en la región Centro-Norte del Estado de Veracruz, se señala que el promedio en la disponibilidad de MSP/ha de los ranchos muestreados, presentó marcadas diferencias de acuerdo a las condiciones climáticas del año, por lo que los valores para las diferentes temporadas fueron:  $1300 \pm 950$  kg/MSP/ha para invierno o "nortes" (noviembre a febrero),  $1900 \pm 1500$  kg/MSP/ha para sequía (marzo a junio) y  $2500 \pm 1500$  para la temporada de lluvias (julio a octubre). Este citado patrón estacional de la disponibilidad de MSP es congruente con lo señalado en el presente trabajo, puesto que los meses con mayor disponibilidad fueron julio, agosto y septiembre, que corresponden a los meses de la temporada de lluvias, y a su vez los de menor disponibilidad fueron diciembre y enero que corresponden a los meses de la temporada de "nortes" o invierno. Al respecto, se sabe que normalmente la presencia de nortes afecta de manera negativa el crecimiento forrajero y el comportamiento de los animales, puesto que estos dejan de pastar temporalmente, para protegerse del viento frío y de la lluvia.<sup>33</sup> El área de estudio presenta temperaturas por debajo de los  $15^{\circ}$  C durante diciembre - febrero así como altos porcentajes de nubosidad (que disminuyen el paso de los rayos solares necesarios para la fotosíntesis) y precipitaciones menores a 85 mm de enero a mayo<sup>121</sup> además de esto, especies tales como el *Axonopus affinis* y

*Paspalum dilatatum* crecen significativamente menos a una temperatura de 10 - 15° C<sup>181</sup> lo que explica la baja producción durante estos meses.<sup>7,182</sup>

MSP por potrero y por ha por cada 100 kg de peso vivo.

El promedio de la disponibilidad de forraje mencionado como crítico por Corro *et al.*<sup>10</sup> para praderas tropicales, comprende un rango que va de los 6-8 kg de MSP/100 kg de PV: En el estudio referido, estos autores encontraron que la disponibilidad de MSP/100 kg de PV, presentó grandes variaciones entre ranchos con un rango que fluctuó de  $6 \pm 5$  hasta  $21 \pm 11$  kg/MSP/100 kg de PV. Los resultados del presente estudio, están comprendidos dentro de este rango, puesto que los promedios para la disponibilidad de MSP/potrero antes del pastoreo correspondieron a 10.3 y 8.8 kg MSP/100 kg de PV; para carga alta y baja, respectivamente. Otro trabajo realizado en la misma zona en ganado de doble propósito en pastoreo por Hernández,<sup>36</sup> señala que la disponibilidad de MSP/100 kg de PV de los ranchos fluctuó de los  $14 \pm 4$  hasta  $45 \pm 23$  kg. Ambos estudios, coinciden en que las grandes variaciones en los kg/MSP/100 kg de PV y por ende en la disponibilidad de MSP/ha, se deben a altas variaciones en la carga animal implementada, lo cual conlleva a diferentes grados en la utilización de la pastura. Al considerar la disponibilidad de MSP mencionada como crítica para praderas tropicales (6-8 kg de MSP/100 kg de PV), se observa que la disponibilidad registrada en el estudio fue mayor, y sin embargo muy inferior a la comúnmente encontrada en los ranchos de pequeños productores en la zona Centro-Norte del Estado de Veracruz. Hernández,<sup>36</sup> sugiere que estas disponibilidades son normales en la región, debido a que algunos ganaderos conscientes de las necesidades nutricionales de las vacas en pastoreo, usa una carga animal baja (calculada a partir de la época de sequía) para tener una disponibilidad elevada y que el animal "se llene", pero sin obtener un efecto realmente fuerte en la producción láctea individual, porque la cantidad de forraje así consumido es reducida. Al respecto se ha encontrado que conforme aumenta la disponibilidad, aumenta también la producción en forma lineal hasta llegar a un punto máximo, después del cual, la disponibilidad no tiene efecto.<sup>182,183</sup>

Cuando se comparó la disponibilidad de MSP/ potrero entre las cargas, se encontró que la disponibilidad para la carga alta fue menor que para la carga baja, debido a la diferencia en el tamaño de los potreros; sin embargo al comparar la disponibilidad de MSP/ha, se invierten los papeles, (Figura 18) puesto que la carga alta presentó mayor disponibilidad de MSP en menor espacio de terreno, reflejando los beneficios del aumento en la carga animal bajo un sistema de pastoreo intensivo. Como se mencionó anteriormente al analizar los kg/becerro-destetado/ha obtenidos en cada carga, podemos ver que dicho valor fue muy superior en el caso de la carga alta (4598 vs 3089 kg,  $P < 0.01$ ). La diferencia en kg/becerro-destetado/ha (1500 kg) es el reflejo material de la superioridad productiva de la carga alta. Sin embargo, la controversia de los beneficios del aumento en la carga animal que se traduce en producción por hectárea y no por animal, establece la necesidad de realizar estudios posteriores considerando un tiempo mayor (2-3 años) y una población más grande, con la finalidad de determinar el costo – beneficio al aumentar la carga animal.

#### Consumo de materia seca.

En lo que respecta al consumo de materia seca (CMS), se ha mencionado que los bovinos adultos tienen un consumo promedio del 3% de su PV,<sup>184,185</sup> sin embargo esto no puede aplicarse como una regla general. En el presente estudio el CMS fue de  $2.12 \pm 1.22\%$  del PV para la carga alta y de  $2.42 \pm 0.93$  para la carga baja, sin encontrar diferencia significativas, determinando en gran medida que a lo largo del periodo de estudio no se encontraran diferencias entre los parámetros o variables estudiadas. Una posible razón de la falta de significancia, probablemente sea debida al método utilizado para evaluar el CMS que fue el de rendimiento comparativo, basado en la diferencia entre el forraje presente antes y después del pastoreo (forraje ofrecido y forraje rechazado), y que algunos autores han señalado que no es el más conveniente,<sup>186</sup> puesto que dependiendo de la precisión en el muestreo, sobrestima o subestima el forraje presente, arrojando resultados imposible como consumos negativos o tan elevados que equivalen a 2 o 3 veces el consumo máximo posible por un rumiante cuyo alimento base es el

forraje pastoreado. También se ve afectado porque en condiciones de pastoreo el consumo alimenticio es el de un grupo de animales y por lo tanto, no se puede medir la variación entre animales (variación individual). Aunado a esto, el forraje desaparecido, en parte fue consumido, en parte fue pisoteado y otro tanto fue desintegrado naturalmente así como por la acumulación de heces y orina.

Actualmente existen técnicas de marcadores (alcanos,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) para estimar el consumo individual (Van Houtert, 1996), pero es una técnica excesivamente costosa de aplicar en países en desarrollo por la carencia de infraestructura, bajos presupuestos para la investigación o ambas cosas.<sup>187</sup> Al respecto y a manera de extrapolación de transferencia de tecnología, Aluja y McDowell<sup>5</sup> señalan que los pequeños productores de las regiones tropicales del Estado de Veracruz, se preocupan más por las variaciones en la disponibilidad estacional de los forrajes que en la rotación de potreros (que conllevaría al aumento en la carga animal) por no encontrar resultados a corto plazo. Todo lo anterior resalta la necesidad y urgencia de que se desarrollen mejores técnicas que se puedan manejar en forma práctica, exclusivamente para la estimación del consumo de nutrimentos en rumiantes que pastorean en los trópicos.

#### Análisis químico proximal

##### Análisis químico proximal de las muestras de forraje.

Si la PC del forraje consumido posee menos del 7 % de PC, se produce una disminución en el consumo forrajero, debido a un déficit en el nitrógeno necesario para la actividad de la microflora ruminal.<sup>188</sup> En el presente estudio, el porcentaje de proteína cruda (PC) para ambas cargas fue de 9.7%, es decir superior al reportado en la literatura, sin embargo, esto pudo deberse a que se aprovechó al máximo la disponibilidad forrajera, no permitiendo la acumulación excesiva de forraje maduro y promoviéndose el rebrote de las plantas que contienen mayor relación hoja-tallo y mayor porcentaje de PC, por lo que el porcentaje de esta no fue un factor que pudiera disminuir el CMS.

En la época de sequía, el contenido de materia seca aumenta al perder humedad la planta como consecuencia de la falta de agua en el suelo. Paralelamente,

nutrimentos como carbohidratos solubles y proteínas son traslocados a los órganos de reserva de la planta (base del tallo, rizomas y raíces), pues ésta entra en latencia para sobrevivir ala sequía. Lo anterior ocasiona que la parte aérea de la planta registre un aumento en el contenido de fracciones fibrosas y una disminución en el contenido proteínico.<sup>189</sup> La relación hoja-tallo de los pastos tropicales es baja.<sup>14</sup> En diferentes estudios<sup>10,36,190</sup> se sugiere que la acumulación de fibra cruda en el forraje por efecto del envejecimiento, la subutilización de la pastura así como la defoliación provocada por el pastoreo, conllevan a una disminución en el porcentaje de PC y a una elevada proporción de material senescente, lo que obliga a que las vacas deban comer forraje de baja calidad. Esto explica algunos de los resultados reportados puesto que la cantidad de humedad y PC fue mayor antes del pastoreo y en las hojas de la planta, ocurriendo lo contrario después del pastoreo y en los tallos de la planta, presentando concentraciones menores.



## CONCLUSIONES

### **Disponibilidad y consumo de materia seca**

En el presente trabajo, la falta de diferencia significativa en el consumo de forraje fue una de las razones medulares por las que no se encontró efecto significativo de la carga animal sobre la mayor parte de los parámetros reproductivos; no obstante, a pesar de la dificultad para afirmar categóricamente la razón de los resultados obtenidos, se presentan algunas sugerencias de las posibles explicaciones.

La disponibilidad de MSP/potrero para la carga alta fue menor que para la carga baja, debido a la diferencia en el tamaño de los potreros; sin embargo al comparar la disponibilidad de MSP/ha, se invirtieron los papeles, puesto que la carga alta presentó mayor disponibilidad de MSP en menor espacio de terreno, reflejando los beneficios del aumento en la carga animal bajo un sistema de pastoreo intensivo.

No obstante, el amplio rango de las cargas animal que fueron utilizadas, la diferencia entre la carga alta y la carga baja no fueron significativas, lo que hace reflexionar de la capacidad o presión de pastoreo que pudo soportar la carga "alta", que probablemente no lo fue tanto como se planteó al inicio del experimento, sugiriendo que el ganado *Bos indicus*, está bien adaptado para resistir condiciones de pastoreo con cargas animal elevadas.

### **Eficiencia productiva**

El PV pudo estar condicionado por el tamaño de la vaca, representando variaciones individuales. Al finalizar el tercer y hasta el sexto mes posparto la caída del PV y CC fue más ligera, debido probablemente a que en este tiempo, las crías inician su función ruminal, reduciendo el consumo de leche, y permitiendo que la vaca reiniciara la formación de reservas corporales, sin embargo, esto no fue suficiente para impedir que las madres siguieran perdiendo peso, hasta que las crías fueron retiradas.

La CC en el parto, influyó significativamente en la CC a los 120 y 180 días. Después del destete, las vacas mejoran su eficiencia reproductiva siempre y cuando se encuentre en una CC a los 120 días mayor a 2.5, por lo que es

necesario superar el punto del balance de energía negativo máximo (nadir de PV), para reiniciar la actividad ovárica.

Es importante resaltar que se el efecto de la carga animal no fue significativo sobre la mayor parte de los parámetros reproductivos; sin embargo, no se puede decir lo mismo de la productividad encontrada en cada carga, puesto que al comparar los kg/becerro-destetado/ha, podemos ver que este valor fue muy superior en el caso de la carga alta (4598 vs 3089 kg, cuya diferencia (1500 kg) es el reflejo material de la superioridad productiva de la carga alta.

### **Eficiencia reproductiva**

Como se mencionó anteriormente, la carga animal no mostró ningún efecto sobre la CC de los animales, sin embargo, la CC de los animales de la carga baja mostró una ligera tendencia a ser mayor que en los animales de la carga alta, lo que podría explicar la tendencia de que el número de folículos de la carga baja sea mayor que en la carga alta y que probablemente hubiese sido significativo de haber contado con una población mayor. A pesar de que el primer folículo dominante se presenta en los primeros 50 días posparto, la primera ovulación se presentó hasta los 120 días promedio, deduciendo que en ganado de carne, el alargamiento del periodo de anestro posparto es debido principalmente a una falla en la ovulación de la mayoría de los primeros FD, más que a un retraso en el desarrollo del mismo.

Debido a que la fertilidad (proporción de vacas preñadas en un hato) es una variable binomial, es necesario tener un gran número de observaciones para demostrar diferencia significativa. Por esta razón, generalmente es difícil demostrar efectos de la nutrición y el manejo sobre la fertilidad en un solo hato a lo largo de un año. Las vacas que quedaron gestantes, lo hicieron rápidamente una vez reiniciada su actividad ovárica, y las vacas que no quedaron gestantes fueron en su mayoría repetidoras (3 o más servicios).

## **Propuestas**

Al respecto de las cargas animal utilizadas y con los resultados obtenidos, se plantea la necesidad de realizar estudios posteriores que deben enfocarse sobre cuatro aspectos determinantes:

Debido a la tendencia en la significancia encontrada en algunas variables, probablemente un nuevo experimento con una población ("n") mayor, permitiría alcanzar la significancia necesaria para encontrar diferencia en las variables de estudio.

Debido a que las cargas animal utilizadas (2.8 y 1.8 vacas/ha), no mostraron efecto significativo sobre la mayor parte de los parámetros reproductivos, en un estudio posterior es necesario utilizar valores extremos que permitan una diferencia más amplia entre las cargas, partiendo del hecho de que una carga animal de 2.8 vacas/ha es bien tolerada.

El presente estudio fue realizado en un plazo que comprendió poco más de medio año, por lo que los resultados obtenidos invariablemente fueron efectos de un corto plazo, planteando así la necesidad de realizar estudios posteriores que contemplen un plazo mínimo de 2 años, para evaluar el efecto tanto en el hato como en la pradera.

La diferencia en kg/becerro-destetado/ha (1500 kg) es el reflejo material de la superioridad productiva de la carga alta. La controversia de los beneficios del aumento en la carga animal que se traduce en producción por hectárea y no por animal, establece la necesidad de realizar estudios económicos posteriores, con la finalidad de determinar el costo – beneficio al aumentar la carga animal.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

1. Vera RR. 1991. Growth and conception in continuously underfed brahman heifers. *Anim Prod.* 53:45-50.
2. Lascano CE. 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical America. *Tropical Grasslands* 25:66-72.
3. Khalili H, Varvikko T and Crosse S. 1992. The effects of forage type and level of concentrate supplementation on food intake, diet digestibility and milk production of crossbred cows (*Bos taurus* X *Bos Indicus*). *Anim Prod*; 54:183-189.
4. Avalos FL, González CJ, Carrizales GA. (1994) Pastoreo intensivo tecnificado de praderas tropicales. Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura en el Banco de México. *Boletín Informativo.* 26:257-262.
5. Aluja A and McDowell RE. 1984. Decision making by livestock/crop small holders in the state of Veracruz, México. Cornell International Agriculture Mimeograph, Cornell University, Ithaca, NY.
6. Vázquez GJ. Ganadería Tropical Mexicana. Retos, fortaleza y debilidad. México DF. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas. (1997).
7. Voisin A. Productividad de la hierba; Madrid, España; Ed. Tecnos, (1974).
8. Thomas RJ. 1992. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass and Forage Science* 47: 133-142.
9. Ramos VJA. Sistemas de producción bovina en cuatro Municipios del Estado de Veracruz. (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1983.
10. Corro M, Rubio I, Castillo E, Galindo L, Aluja A, Galina CS, Murcia C. 1999. 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 of Veracruz, México. *Preventive Veterinary Medicine*, 38:101-117.
11. CEIEGT. 1997. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. *Boletín Informativo.* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Martínez de la Torre, Veracruz, Mexico.
12. Svejcar T and Vavra M. 1985. The influence of several range improvements on estimated carrying capacity and potencial beef production. *J of Range Management.* 38:395-399.
13. Stobbs TH. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust J Agric Res.* 24:809-819.
14. Stobbs TH. 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animal grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Aust J Agric Res.* 24:821-829.
15. Vonhout K, Jiménez C, Isidor M, Alpizar J, Ettinger A, Perla F, Jean Pois C. Sistemas Intensivos de Alimentación de Ganado en Pastoreo en el Trópico. *Memorias del Tercer Simposium de Nutrición Animal y Sanidad Animal de Centroamérica y Panamá; División Agrícola Veterinaria Pfizer, 27-29 de Marzo de 1974, San José Costa Rica; 1974.*
16. Krysl LJ and Hess BW. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J Anim Sci.* 71:2546-2555.
17. Ríos UA, Vega MVE, Montaña BM, Lagunes LJ, Rosete FJV. 1996. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrasil y cruza F1 Angus, Charolais, Hereford y Suizo Pardo y peso al destete de sus crías. *Tec Pecu Mex* 34:20-28.
18. Randel RD. 1981. Effect of once-daily suckling on postpartum interval and cow-calf performance of first-calf Brahman x hereford heifers. *J Anim Sci,* 53: 755-757.
19. Galina CS, Arthur GH. 1989a. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 2. Parturition and calving intervals. *Anim Breed Abst.* 57:679-686.
20. Pimentel CA, Deschamps JC, Oliveira JAF de, Cardelino R, Pimentel MA. 1979. Effects of early weaning on reproductive efficiency in beef cows. *Theriogenology.* 11:421-434.
21. Salcedo E, González-Padilla E, Rodríguez OL, Ramos F. 1997. Efecto del destete precoz en el comportamiento reproductivo de vacas empadradas en agostadero. *Tec Pecu Mex* 3:36-40.

22. Iglesias JM, Simón L, Milera M y Lamela L. 1997. Sistemas de producción bovina a base de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20:73-100.
23. Suárez I. 1996. Tesis de Maestría. (Datos no publicados).
24. Buttler WR and Smith RD. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*. 72:767-783.
25. Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J of Dairy Sci*. 71:1063-1072.
26. Valdés LR, Montoya M, Chao L y Duquesne P. 1980. Evaluación comparativa de tres gramíneas en pastoreo para la producción de carne. I. 3, 5 y 7.5 animales/ha. *Pastos y Forrajes*. 3:287-295.
27. Alfonso A, Valdés LR y Duquesne P. 1981. Evaluación comparativa de tres gramíneas en pastoreo con añajos. *Pastos y Forrajes*. 4:345-353.
28. Alfonso A, Valdés LR y Duquesne P. 1984. Evaluación comparativa de tres gramíneas en pastoreo. II. Con añajos y cargas 2, 3.3 y 5 animales/ha. *Pastos y Forrajes*. 7:381-387.
29. Alfonso A, Hernández CA, y Batista J. 1988. Estudio del efecto de la carga y especie de pasto sobre el comportamiento de añajos en pastoreo. 2. Incorporados a inicio del periodo seco. *Pastos y Forrajes*. 11:267-273.
30. Pereira E y Batista J. 1991. Estudio del efecto de la carga y la especie de pasto sobre el comportamiento de toros en pastoreo. III. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 14:243-251.
31. Hernández D, Carballo M y Reyes F. 1997. Desarrollo de hembras de cría a base de pastos. *Pastos y Forrajes*. 20:175-178.
32. McDougal S, Burke CR, Williamson NB, MacMillan KL. 1995. The effect of stocking rate and breed on the period of postpartum anoestrus in grazing dairy cattle. *Proceedings NZ Soc Anim Prod*. 55: 236-238.
33. Castillo GE y Jarillo RJ. Introducción al manejo de pastizales. *Alimentación Animal. Manejo de Pastizales. Bovinos*. Ed. Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, (1998).
34. Scarnecchia DL. 1984. The animal unit and animal-unit equivalent concepts in range science. *J of Range Management*. 38:346-349.
35. Scarnecchia DL. 1985. The relationship of stocking intensity and stocking pressure to other stocking variables. *J of Range Management*. 38:558-559.
36. Hernández MG. Comparación de los sistemas de pastoreo intensivo y tradicional en los ranchos de la región de influencia del CEIEGT. (Tesis de Licenciatura). Veracruz, Ver. Universidad Veracruzana. 1998.
37. Chacon E y Stobbs TH. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust J Agric Res*. 27:709-727.
38. Stobbs TH. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pasture. *Trop Grassl*. 4:237-245.
39. Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura en el Banco de México. (1996). Pastoreo intensivo tecnificado en zonas tropicales. *Boletín Informativo*. 29:15.
40. Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anoestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci*, 68:799-816.
41. Escobar FJ, Jara LC, Galina CS, Fernández - Baca S. 1984. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva postparto en vacas cebú, criollas, y F1 (Cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. *Veterinaria Mex* 15:243-248.
42. Galina CS, Arthur GH. 1989b. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 3. Puerperium. *Anim Breed Abst*. 57:899-910.
43. Dunn TG and Kaltenbach CC. 1980. Nutrition and post-partum interval of the ewe, sow and cow. *J Anim Sci* 51(Suppl 1):29-43.
44. Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. 1986. Effect of varying levels of post-partum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci*. 62:300-312.

45. Randel RD. 1990. Nutrition and the postpartum rebreeding in cattle. *J Anim Sci.* 68:853-862.
46. Pedroso R y Roller F. 1998. Métodos biotécnicos y estrategias de nutrición y manejo reproductivo para mejorar la fertilidad post-parto de vacas en clima subtropical. *Rev Cub Reprod Anim.* 24:1-19.
47. Browning R, Robert BS, Lewis AW, Neuendorff DA, Randel RD. 1994. Effects of postpartum nutrition and once-daily suckling on reproductive efficiency and preweaning calf performance in fall-calving Brahman (*Bos indicus*) cows. *J Anim Sci*; 72:984-989.
48. Escobar FJ, Fernández-Baca S, Galina CS, Barruecos JM, Saltiel CA. 1982. Estudio del intervalo entre partos en bovinos productores de carne en una explotación del altiplano y otra de la zona tropical húmeda. *Veterinaria Mex*; 13:53-60.
49. McSweeney CS, Kennedy PM, D'Occhio MJ, Fitzpatrick LA, Reid D and Entwistle KW. 1993b. Reducing postpartum anoestrus interval in first-calf *Bos indicus* crossbred beef heifers. II. Responses to weaning and supplementation. *Aust. J Agric Res.* 44:1079-1092.
50. McSweeney CS, Fitzpatrick LA, D'Occhio MJ, Reid D and Entwistle KW. 1993a. Reducing postpartum anoestrus interval in first-calf *Bos indicus* crossbred beef heifers. I. Effects of pre- and post- partum supplementation. *Aust. J Agric Res.* 44:1063-1077.
51. Williams GL. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. *J Anim Sci.* 68:831-852.
52. Rund LA, Leshin LS, Thompson FN, Rampacek GB, Kiser TE. 1989. Influence of the ovary and suckling on luteinizing hormone response to naloxone in postpartum beef cows. *J Anim Sci,* 67:1527-1539.
53. Wright IA, Rhind SM, Whyte TK, Smith AJ, McMillen SR, Prado R. 1990. Circulating concentrations of LH and FSH and pituitary responsiveness to GnRH in intact and ovariectomized suckled beef cows in two levels of body condition. *Anim Prod* 51:93-101.
54. Smith JF, Payne E, Trevit HR, McCowan LT, Fairclough R, Kilgour R. 1981. The effect of suckling upon the endocrine changes associated with anoestrus in identical twin dairy cows. *J Reprod Fert,* 30 (suppl. 1):241-249.
55. Edwards S. 1985. The effects of calf removal on pulsatile LH secretion in the postpartum beef cows. *Theriogenology* 23:777-785.
56. Wright IA, Rhind SM, Russel AJF, Whyte TK, McBean AJ, McMillen SR. 1987. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrous period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim Prod*; 45: 395-402.
57. Gordon K, Renfree MB, Shot RV and Clarke IJ. 1987. Hypotalamo-pituitary portal blood concentrations of  $\beta$ -endorfina during suckling in the ewe. *J Reprod Fert.* 79:397-408.
58. Matiolli M, Conte F, Galeati N, Seren E. 1986. Effect of naloxone on plasma concentrations of prolactin and LH in lactating cows. *J Reprod Fert.* 76:167-178.
59. Whishnant CS, Kiser TE, Thompson FN, Barb CR. 1986. Influence of calf removal on the serum luteinizing hormone response to naloxone in the postpartum beef cows. *J Anim Sci,* 63: 561-573.
60. Moss GE, Parfet JR, Marvin CA, Allirch Rd, Diekman MA. 1985. Pituitary concentrations of gonadotropins and receptors for GnRH in suckled beef cows at various intervals after calving. *J Anim Sci.* 60:285-293.
61. Nanda AS, Ward WR, Dobson H. 1990. Naloxone antagonizes the morphine suppression of the oestradiol-induced surge of luteinizing hormone in dairy cows. *Anim Rep Sci.* 22:289-296.
62. Lozano DRR, Montaña BM, González PE. 1987. Efecto de dos prácticas de manejo de lactación sobre la eficiencia reproductiva de vacas cebú en clima tropical seco. *Tec Pec Mex.* 25:212-219.
63. Hippen HE y Escobar FJ. 1984. Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo de México. *Veterinaria Mex.* 15:83-92.
64. Wright IA and Russel AJ. 1987. The effect of sward height on beef cow performance and on the relationship between calf milk and herbage intakes. *Anim Prod.* 44:363-374.

65. Pedroso R y Bonachea ST. 1995. Influencia de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo del ganado bovino. Revisión bibliográfica. *Rev Cub Reprod Anim.* 21:1-14.
66. Joubert D. 1954. The influence of high and low nutritional planes on the oestrus cycle and reconception rate of heifers. *J Agric Sci.* 45:164-179.
67. Wiltbank J, Rowden W, Ingalls J, Gregory K, Koch R. 1962. Effect of energy level on reproductive of mature hereford cows. *J Anim Sci.* 219-225.
68. Bond J, Wiltbank S, Cook A. 1965. Cessation of estrus and ovarian activity in a group of beef heifers on extremely low levels of energy and protein. *J Anim Sci.* 17:1211-1230.
69. Lamond DR. 1970. The influence of undernutrition on reproduction in the cow. *Anim Breed Abstr.* 38:359-372.
70. Dunn T and Moss G. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J Anim Sci.* 70:1580-1593.
71. Wright IA and Russel AJF. 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Anim Prod.* 38:23-32.
72. Robinson JJ. 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nut Res Rev.* 3:253-276.
73. Jolly PD, Fitzpatrick LA, McDougall S, Macmillan KL, Entwistle KW. 1994. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J Reprod Fertil.* 49 (Suppl):477-492.
74. Butler WR, Everett RW, Coppock CE. 1981. The relationship between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci.* 53:742-748.
75. Nelsen T, Short, Reynolds W, Urlick J. 1985. Palpated and visually assigned condition scores compared with weight, height and heart girth in hereford and crossbred cows. *J Anim Sci.* 60:363-368.
76. Ayala BA, Delgado LR, Honhol N, Magaña J. El uso del puntaje en la condición corporal de rumiantes. Memorias de la Segunda Reunión sobre Producción Animal Tropical. 1990, octubre 24-26; Mérida (Yucatán) México. Yucatán (Mérida): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. 1990.
77. Nicholson MJ, Sayers AR. 1987. Repeatability, reproducibility and sequential use of condition scoring of *Bos indicus* cattle. *Trop Anim Hlth Prod;* 19:127-135.
78. Lara BA, Solis RJ, Vanguelov BO, López TQ. Efecto de la condición corporal al parto sobre el periodo de anestros posparto en vacas productoras de carne. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Morelos 1996: 310.
79. Rutter LM and Randel RD. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J Anim Sci.* 58:265-273.
80. Wright IA, Rhind SM, Whyte TK, Smith AJ. 1992a. Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the postpartum anoestrus period in beef cows. *Anim Prod;* 55:41-46.
81. Bishop DK, Wettemann RP, Spicer LJ. 1994. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J Anim Sci;* 72: 2703-2708.
82. Pedroso R, González N y Jaramillo NE. 1994. Influencia del estado de la condición corporal sobre la respuesta de los tratamientos de inducción y sincronización del celo en novillonas. *Rev Cub Reprod Anim.* 20:53-59.
83. Wright IA, Rhind SM, Whyte TK. 1992b. A note on the effects of pattern of food intake and body condition on the duration of the postpartum anoestrus period and LH profiles in beef cows. *Anim Prod;* 54:143-146.
84. Osoro K and Wright IA. 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. *J Anim Sci;* 70: 1661-1666.
85. Rae DO, Kunkle WE, Chenoweth PJ, Sand RS, Tran T. 1993. Relationship of parity and body condition score to pregnancy rates in Florida beef cattle. *Theriogenology.* 39:1143-1152.
86. De Roven S, Franke D, Morrison D, Wyatt W, Coombs D, White T, Humes D, Greene B. 1994. Postpartum body condition and weight influence on reproductive performance of first calf beef cows. *J Anim Sci.* 72:1119-1125.

87. Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen JW, Mobley SL, Rasby RJ, Garmendia JC. 1988. Relationship among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J Anim Sci.* 66:3153-3159.
88. Santos ER, Arreguín AJA, Villa-Godoy A, Román PH. Interacción de la condición corporal (CC) y la frecuencia del amamantamiento (M) sobre la actividad ovárica posparto en vacas cebú. I.- El desarrollo folicular ovárico. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria* 1995:322.
89. Bolaños JM, Forsberg M, Kindahl H, Rodríguez-Martínez H. 1996. Influence of body condition and restricted suckling on the post-partum reproductive performance of zebu cows (*Bos indicus*) in the humid tropics. *Reprod Dom Anim* 31:363-367
90. Mukasa-Mugerwa E, Anindo D, Lahlou-Kassi A, Umunna NN and Tegegne A. 1997. Effect of body condition and energy utilization on the length of post-partum anoestrus in PRID-treated and untreated post-partum *Bos indicus* (zebu) cattle. *Animal Science.* 65:17-24.
91. Rajamahendran R, Ambrose DJ, Burton B. 1994. Clinical and research applications of real-time ultrasonography in bovine reproduction: a review. *Can Vet J.* 35:563-572.
92. Rajakoski E. 1960. The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical, and left-right variations. *Acta Endocrinol. Suppl.* 52:7-68.
93. Savio JD, Keenan L, Boland MP, Roche JF. 1988. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. *J Reprod Fertil.* 83:663-671.
94. Sirois J and Fortune JE. 1988. Ovarian follicular dynamics during the oestrus cycle monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod.* 39:308-317.
95. Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatcher WW. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci.* 70:3615-3626.
96. Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. 1989a. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine oestrous cycle. *Anim Rep Sci.* 20:187-200.
97. Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. 1989c. Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. *Biol Reprod.* 41:247-254.
98. Driancourt MA, Thatcher WW, Terqui M, Andrieu D. 1991. Dynamics of ovarian follicular development in cattle during the oestrus cycle, early pregnancy and in response to PMSG. *Dom Anim Endocrinol.* 8:209-221.
99. Taylor C, Rajamahendran R. 1991. Follicular dynamics, corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle. *Can J Anim Sci.* 71:61-74.
100. Adams GP, Matteri RL, Kastelic JP, Ko JCH, Ginther OJ. 1992. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J Reprod Fertil.* 94:177-188.
101. Roche JE and Boland MP. 1991. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology.* 35:81-90.
102. Calderón RRC, Villà-Godoy A, Lagunes LJ. 1996. Determinación ultrasonográfica de la primera ovulación: asociación con la presentación de ciclos estrales regulares en vaquillas cebú y suizo pardo mantenidas en el trópico. *Tec Pecu Mex.* 34:79-88.
103. Stevenson JS, Pursley JR. 1994. Resumption of follicular activity and interval postpartum ovulation after exogenous progestins. *J Dairy Sci.* 77:725-740.
104. Murphy MG, Boland MP, Roche JF. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in postpartum beef suckler cows. *J Reprod Fertil.* 90:523-533.
105. Spicer LJ, Echternkamp SE. 1986. Ovarian follicular growth, function and turnover in cattle: a review. *J Anim Sci.* 62:428-451.
106. Ginther OJ, Knopf L, Kastelic JP. 1989b. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two or three follicular waves. *J Reprod Fertil.* 87:223-230.
107. Knopf L, Kastelic JP, Schallenberger E, Ginther OJ. 1989. Ovarian follicular dynamics in heifers: Test of two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Dom Anim Endocrinol.* 6:111-119.
108. Rhodes FM, De'ath G, Entwistle KW. 1995a. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Anim Rep Sci.* 38:265-277.



109. Ahmad N, Townsed EC, Dailey RA, Inskeep EK. 1997. Relationships of hormonal patterns and fertility to occurrence of two or three waves of ovarian follicles, before and after breeding, in beef cows and heifers. *Anim Rep Sci.* 49:13-28.
110. Larson GH, Mallory DS, Dailey RA, Lewis PE. 1991. Gonadotropins concentrations follicular development and luteal function in pituitary stalk-transected ewes treated with some bovine follicular fluids. *J Anim Sci.* 69:4101-4111.
111. Echtenkamp SE, Spicer LJ, Gregory KE, Canning SF, Hammond JM. 1990. Concentrations of insuline-like growth factor-1 in blood and ovarian follicular fluid of cattle selected for twins. 43:8-14.
112. Murphy B, Claire E, Lindsel E, Xin-Min. 1991a. Endogenous inhibitors of follicle development. Second Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA Coordinated Research Programs. México. 1991.
113. Kastelic JP, Knopf L, Ginther OJ. 1990. Effect of day of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. *Anim Reprod Sci.* 23:169-184.
114. Savio JD, Boland MP, Hynes N, Mattiacci MR and Roche JF. 1990a. Will the first dominant follicle of the estrous cycle of heifers ovulate following luteolysis on day ???. *Theriogenology.* 33:677-687.
115. Rhodes FM, Fitzpatrick LA, Entwistle KW, De'ath G. 1995b. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J Reprod Fertil.* 104:41-49.
116. Fitzpatrick LA, Entwistle KW. 1997. A comparison of dissected follicle numbers and follicle counts on the ovarian surface for the evaluation of ovarian follicular populations in *Bos indicus* cows. *Anim Rep Sci.* 46:179-186.
117. Garverick HA, Zollers WGJr, Smith MF. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal and subnormal luteal function. *Anim Rep Sci.* 28:111-124.
118. Perry RC, Corah LR, Kiracofe GH, Stevenson JS, Beal WE. 1991. Endocrine changes and ultrasonography of ovaries in suckled beef cows during resumption of postpartum estrous cycles. *J Anim Sci.* 69:2548-2555.
119. Savio JD, Boland MP, Hynes N, Roche JF. 1990b. Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J Reprod Fertil.* 88:569-579.
120. Lewis GS, Thatcher WW, Bliss EL, Drost M, Collier RJ. 1984. Effects of heat stress during pregnancy on postpartum reproductive changes in Holstein cows. *J Anim Sci.* 58:174-188.
121. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México (1973).
122. Jiménez F, Galina CS, Ramírez B, Navarro-Fierro R. 1985. Comparative study of the concentration of peripheral progesterone before and after PGF<sub>2</sub> $\alpha$  injection between *Bos taurus* (Brown Swiss) and *Bos indicus* (Indobrasil) in the tropics. *Anim Reprod Sci.* 9:333-339.
123. Jiménez F, Galina CS, Duchateau A, Navarro-Fierro R. 1988. Levels of LH, progesterone and estradiol-17, during natural and PGF<sub>2</sub> $\alpha$  - induced estrus in indobrazil and brown swiss cows in the tropics. *Anim Reprod Sci.* 16:199-206.
124. Pierson RA and Ginther OJ. 1984. Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 21: 495-501.
125. Kähn W. Veterinary reproductive ultrasonography. Ed. Mosby-Wolfe. Germany (1994).
126. Haydock KP and Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust J Exp Agric and Anim Husbandry.* 15:663.
127. Association of Official Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. Vol I 15<sup>th</sup>. Ed. AOAC, Arlington VA.
128. SAS Institute, INC.: SAS User's Guide: Statistics. SAS, Cary, N.C. Pp.189-283.1988.
129. Freund RJ and Littell RC. SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures. Ed.:SAS Institute INC, North Carolina, USA., (1981).
130. Soto CR. Algunos estudios de los efectos de la suplementación alimenticia sobre el desempeño reproductivo y reproductivo de hembras Brahman en condiciones tropicales (tesis de doctorado). México (D.F.), México. Universidad nacional autónoma de México, 1997.

131. Moore PC and Campos da Rocha CM. 1983. Reproductive performance of gyr cows: the effect of weaning age of calves and postpartum energy intake. *J Anim Sci.* 57:807-814.
132. CIAT. 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Annu Rep. P159. AA6713, Cali, Colombia.
133. Oliver J, and Richardson FD. 1976. Relationship between conception rate in beef cattle and body weight change. *Proceedings, Beef Cattle Production in Developing Countries*, Edinburg, UK, 154-157.
134. Davis GP, Corbet NJ, Mackinnon MJ, Hetzel DJS, Entwistle KW, Dixon R. 1993. Response in female fertility and calf growth to selection for pregnancy rate in tropical beef cattle. *Aust J Agric Res.* 44:1509-1521.
135. Boadi D and Price MA. 1996. The effects of pre- and early post-calving management on reproductive performance of beef cows. *Can J Anim Sci.* 76:337-342.
136. McDowell. *Dairying with improved breeds in warm climates*. North Carolina, USA. 1994.
137. Makarechian M and Arthur PF. 1990. Effects of body condition and temporary calf removal on reproductive performance of range cows. *Theriogenology.* 34:435-443.
138. Segura CVM y Rodríguez ROL. 1987. Efecto de diversos manejos de la lactación sobre la fertilidad de gando cebú en trópico subhúmedo, con la utilización de inseminación artificial y monta natural. *Tec Pec Mex.* 25:61-71.
139. López D. 1985. Características productivas del ganado bovino en el trópico. I. Rasgos de crecimiento. *Rev Cubana Cienc Agric.* 19:115-127.
140. Holroyd RG, Mason GWJ, Loxton ID, Knights PT, O'Rourke PK. 1988. Effects of weaning and supplementation on performance of Brahman cross cows and their progeny. *Aust J of Experiml Agric.* 28:11-20.
141. Martínez G, Guerra O, Solano R, Caral J, Mika J. 1987. Estudio del comportamiento reproductivo de un rebaño de hembras cebú. V. Crecimiento del ternero y su influencia en la reproducción. *Rev Cub Reprod Anim.* 13:79.89.
142. Rico C, Planas T, Menchaca MA. 1984. Crecimiento hasta el destete de la raza cebú. I. Factores genéticos y ambientales que lo influyen. *Rev Cubana Cienc Agric.* 18:259-271.
143. Brito R, Tolno TY, García R. 1988. Comparación entre el sistema de limitación del amamantamiento y el de la cría tradicional en el ganado cebú. *Rev Cub Cienc Vet.* 19:299-303.
144. Brito R. 1974. Estudio de los efectos de la reducción del tiempo de permanencia del ternero junto a la vaca Cebú, sobre su actividad sexual y el desarrollo de sus crías. *Rev Cub Cienc Vet.* 5:23-30.
145. Batra TR and Touchberry RW. 1974. Birth weight and gestation period in purebred and crossbred dairy cattle. *J Dairy Sci.* 57:323-327.
146. Meyn K and Wilkins JV. 1973. Cría de bovinos en Kenia con especial referencia al cebú Sahiwal. *Rev Mundial Zootec.* 11:24-30.
147. Maldonado G y Velásquez JE. 1994. Determinación de la capacidad de carga y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo de gramíneas nativas en el pPiedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales.* 16:2-8.
148. Siebert BD, Playne MJ, Edye LA. 1976. The effects of climate and nutrient supplementation on the fertility of heifers in north Queensland. *Proceedings, Australian Society of Animal Production.* 11:249-252.
149. Holroyd RG, O'Rourke PK, Clarke MR, Loxton ID. 1983. Influence of pasture type and supplement on fertility and liveweight of cows, and progeny growth rate in the dry tropics of northern Queensland. *Aust J of Experiml Agric.* 23:4-13.
150. Martínez G, Solano R, Ricardo E, Mika J. 1992. Reinicio de la actividad ovárica después del parto en la vaca Cebú. *Rev Cub Reprod Anim.* 18:154-166.
151. Robertson MS, Stumpf TT, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. 1991. Influence of direction of weight change on pattern of gonadotropin secretion in ovariectomised beef heifers of equivalent body weight. *J Anim Sci.* 69:1616-1625.
152. Tegegne A, Entwistle KW, Mukasa-Mugerwa E. 1992. Effects of supplementary feeding and suckling intensity on postpartum reproductive performance of Small East African Zebu cows. *J Anim Sci.* 38:97-106.

153. Lozano DRR, Leyva RG, Moreno FLA. 1992. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza Suizo Americano en el trópico subhúmedo. *Tec Pec Mex.* 30:208-221.
154. Menendez A, Morales J, Dora J, Iglesias C, Chávez H. 1976. Resultado de los servicios de inseminación artificial en ganado vacuno de diferentes razas en las condiciones de Cuba. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Anmal.* 11:60.
155. Honhold N, Hill FWG, Knottenbelt DC, Perry BD, Morton D. 1992. Reproduction in female cattle in a communal farming area of Zimbabwe. *Trop Anim Hlth Prod.* 24:183-191.
156. Anta E, Rivera JA, Galina C, Porras A, Zarco L. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet Mex.* 20:11-18.
157. Rivera JA, Anta E, Galina C, Porras A, Zarco L. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Vet Mex.* 20:19-25.
158. García M, Huanca W, Echevarria L. 1990. Reproductive performance of purebred and crossbred zebu cattle under artificial insemination in the amazon tropics. *Anim Prod.* 50:41-49.
159. Galina CS, Arthur GH. 1989d. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 5. Fertilization and Pregnancy. *Anim Breed Abst.* 58:805-813.
160. Zarco QL. 1990. Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en el bovino lechero. *Vet Mex.* 21:235-240.
161. Dailey RA, Inskeep EK, Lewis PE, Butcher RL. 1992. Association of short luteal phases with follicular development in sheep and cows. *Agricultural and Forestry Experiment Station West Virginia University, Bulletin 706T:1-16.* August. 1992.
162. Galina CS, Arthur GH. 1989c. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus Cycles. *Anim Breed Abst.* 58:697-707.
163. Dobson H and Kamonpatana M. 1986. A review of female cattle reproduction with special reference to a comparison between buffaloes, cows and zebu. *J Reprod Fert.* 77:1-36.
164. Martínez G, Solano R, Caral J, Ricardo E, Mika J. 1984. Estudio del comportamiento reproductivo de un rebaño de hembras cebú. III. Ciclo estral. *Rev Cub Reprod Anim.* 10:7-23.
165. Galicia LL. Tasa de concepción y mortalidad embrionaria durante un programa de monta natural en vacas (*Bos indicus*) en el trópico húmedo de Costa Rica. (Tesis de Doctorado). Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. 1998.
166. Pleasants AB and McCall DG. 1993. Relationships among post-calving anoestrus interval, oestrus cycles, conception rates and calving date in Angus and Hereford x Friesian cows calving in six successive years. *Anim Prod.* 56:187-192.
167. Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ. 1998. Frecuencia y origen de las elevaciones transitorias de progesterona en vaquillas Cebú y Suizo Pardo prepúberes en condiciones tropicales. *Tec Pecu Mex.* 36:1-13.
168. Vaca LA, Galina C, Fernández-Baca S, Escobar J, Ramírez B. 1983. Progesterone levels and relationship with the diagnosis of a corpus luteum by rectal palpation during the estrous cycle in zebu cows. *Theriogenology* 20:67-76.
169. Oyedipe EO, Voh AAJ, Marire BN, Pathiraja N. 1986. Plasma progesterone concentration during the estrous cycle and following fertile and non-fertile inseminations of zebu heifers. *Br Vet J.* 142:41-46.
170. Adeyemo O and Heat E. 1980. Plasma progesterone concentration in *Bos taurus* and *Bos indicus* heifers. *Theriogenology* 14:411-420.
171. Díaz T, Manzo M, Trocóniz J, Benacchio N, Verde O. 1986. Plasma progesterona levels during the estrous cycle of Holstein and Brahman cows, Carora type and cross-bred heifers. *Theriogenology* 26:419-431.
172. Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G, Posadas E. 1991. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology.* 35:965-975.

173. Aké LJR, Holy L, Aguayo AAM, Medina ZJM. 1995. Influencia del nivel de progesterona plasmática sobre el porcentaje de preñez en hembras bovinas receptoras de embriones. *Vet Mex.* 26:103-106.
174. Lynch PR, Macmillan KL, Taufa VK. 1999. Treating cattle with progesterone as well as a GnRH analogue affects oestrus cycle length and fertility. *Anim Rep Sci.* 56:189-200.
175. Pedroso R y Roller F. 1996. Problemática de las repeticiones del celo en la hembra bovina. Revisión bibliográfica. *Rev Cub Reprod Anim.* 22:1-19.
176. Galina CS, Calderón A, McCloskey M. 1982. Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology.* 17:485-498.
177. Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ, Riquelme E. 1983. Estrous behavior following prostaglandin F<sub>2α</sub> injection in Zebu cattle. *Theriogenology.* 19:795-809.
178. Prado R, Rhind SM, Wright IA, Russel AJF, Memitt SR, Smithand AJ, McNeilly AS. 1990. Ovarian follicle populations, steroidogenicity and micro-morfology at 5 and 9 weeks post-partum in two levels of body condition. *Anim Prod.* 51:103-108.
179. Domínguez MM. 1995. Effects of body condition, reproductive status and breed on follicular population and oocyte quality in cows. *Theriogenology.* 1405-1418.
180. Murphy MG, Enright WJ, Crowe MA, McConnell K, Spicer LJ, Boland MP, Roche JF. 1991b. Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle in beef heifers. *J Reprod Fertil.* 92:333-338.
181. Cooper JP and Tainton NM. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abs.* 38:167-176.
182. Flores M. *Bromatología Animal.* 3ª edición. Editorial Limusa, México D.F. (1983).
183. Cárdenas FA, Livas CF, Basurto HC. 1988. Evaluación del consumo voluntario en vacas ¾ Holstein x ¼ Cebú bajo pastoreo en el trópico. CEIEGT. 1987/88. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Boletín Informativo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Martínez de la Torre, Veracruz, Mexico.
184. NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* National Academy Press. 6ª. edición. Washington DC. USA. 1988.
185. Rojas SA. Efecto de la disponibilidad de forraje sobre la producción de leche y la condición corporal en vacas de doble propósito en la zona Centro-Norte de Veracruz. (Tesis de Licenciatura). México (D.F.), México. Universidad Nacional Autónoma de México. (1997).
186. Leaver JD. 1985. Milk production from temperature. *Grassland J Dairy Res.* 52:313-344.
187. Castillo GE, Aluja SA. 1996. Diplomado en el manejo de pastizales en el trópico. Pastoreo de alta densidad para la producción sustentable del rancho ganadero en el trópico. SEP-DGETA-ITA. No.4. Altamira, Tamaulipas, México.
188. Minson DJ. 1990. *Forage in ruminant nutrition.* Academic Press. Inc. San Diego. California.
189. Ku VJC. 1996. Transacciones energéticas en ruminantes alimentados con raciones tropicales: Implicaciones para los sistemas de doble propósito en el trópico. Memorias dl Curso de Actualización. Aspectos Nutricionales del Ganado de Doble propósito en el Trópico. CEIEGT. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tlapacoyan, Veracruz, México. Pp:106-109.
190. Enríquez JFC. 1996. Producción estacional de gramíneas forrajeras tropicales en suelos ácidos del Sur de Veracruz. Novena Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria del Estado de Veracruz. INIFAP-SAGAR. Veracruz, Ver. Pp.118.

**Cuadro 1. Comportamiento del peso corporal posparto en vacas Brahman gestantes y no gestantes antes de los 180 días, mantenidas en un sistema de pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).**

	PV al parto (kg)	PV al destete (120 días) (kg)	PV a los 180 días (kg)
Inseminadas (n = 37)	543.5 ± 60.6	468.4 ± 50.6	462.4 ± 51.3
No Inseminadas (n = 7)	561.6 ± 37.0	489.4 ± 46.0	473.4 ± 37.7
Gestante (n = 26)	545.8 ± 57.2	470.6 ± 47.2	467.5 ± 48.1
No Gestantes (n = 18)	547.2 ± 59.8	473.5 ± 55.1	459.3 ± 51.7

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 2. Comportamiento de la condición corporal posparto en vacas Brahman gestantes y no gestantes antes de los 180 días, mantenidas en un sistema de pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).**

	CC al parto (kg)	CC al destete (120 días) (kg)	CC a los 180 días (kg)
Inseminadas (n = 37)	3.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.4 <sup>a</sup>
No Inseminadas (n = 7)	3.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>b</sup>
Gestante (n = 26)	3.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.4 <sup>a</sup>
No Gestantes (n = 18)	3.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.7 <sup>a</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 3. Comportamiento del Peso Vivo de becerros F1 (Holstein x Brahman) de madres Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

		PN	PD	GDP 120 días	P180	GDP 180 días	GDP 120-180 días (kg)
<b>Carga</b>		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	días (kg)
<b>Alta 2.8 UA/ha</b>	(n = 22)	33.6 ± 9.5	146.5 ± 16.6	0.952 ± 0.03	163.8 ± 17.2	0.730 ± 0.02	0.285 ± 0.03
<b>Baja 1.8 UA/ha</b>	(n = 22)	35.0 ± 4.5	148.5 ± 14.5	0.950 ± 0.03	168.4 ± 14.6	0.734 ± 0.02	0.306 ± 0.03
<b>Sexo</b>							
<b>Machos</b>	(n = 21)	34.5 ± 4.5	151.1 ± 14.8 <sup>1</sup>	0.983 ± 0.03	169.5 ± 15.0 <sup>1</sup>	0.755 ± 0.02	0.315 ± 0.03
<b>Hembras</b>	(n = 23)	34.1 ± 3.2	143.6 ± 15.5 <sup>1</sup>	0.918 ± 0.03	162.4 ± 16.5 <sup>1</sup>	0.709 ± 0.02	0.276 ± 0.03
<b>Condición de la Madre antes de los 180 días.</b>							
<b>Inseminación</b>							
<b>Vacas inseminadas</b>	(n = 37)	34.0 ± 4.1 <sup>1</sup>	146.3 ± 15.2	—	164.9 ± 16.5	—	—
<b>Vacas no inseminadas</b>	(n = 7)	36.1 ± 2.0 <sup>1</sup>	153.9 ± 16.2	—	172.8 ± 10.9	—	—
<b>Gestación</b>							
<b>Vacas gestantes</b>	(n = 26)	34.0 ± 4.3	148.9 ± 16.0	—	166.6 ± 17.4	—	—
<b>Vacas no gestantes</b>	(n = 18)	34.8 ± 3.1	145.5 ± 14.8	—	165.5 ± 14.1	—	—

No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ). El exponente <sup>1</sup> denota tendencia en la significancia ( $P < 0.10$ ).

Cuadro 4. Desempeño reproductivo (porcentajes de inseminación) de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

Carga	Vacas inseminadas antes de los 180 días (%)	Vacas inseminadas antes del destete (%)	Días a Primera Inseminación Artificial (PIA)
Alta	16/22 (72.7) <sup>a</sup>	4/22 (18.2) <sup>a</sup>	152.7 ± 16.9 <sup>a</sup>
Baja	21/22 (95.5) <sup>b</sup>	4/22 (18.2) <sup>a</sup>	150.5 ± 13.8 <sup>a</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística (P < 0.05).

Cuadro 5. Comparación de algunos parámetros reproductivos de vacas Brahman que pastaron en gramas nativas a dos niveles de carga animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

CARGA	Días a Primer Folículo Dominante (PFD)	Días a Primer Folículo Ovulatorio (PFOv)	Días de PFD a PFOv
Alta	(n = 22) 49.3 ± 6.3 <sup>a</sup>	108.5 ± 10.8 <sup>1</sup>	59.3 ± 11.7 <sup>a</sup>
Baja	(n = 22) 52.6 ± 5.3 <sup>a</sup>	130.4 ± 9.1 <sup>1</sup>	77.8 ± 9.8 <sup>a</sup>
<b>MES DE PARTO</b>			
Mayo	(n = 4) 84.0 ± 9.6 <sup>a</sup>	120.7 ± 16.4 <sup>a</sup>	36.7 ± 17.7 <sup>a</sup>
Junio	(n = 25) 45.7 ± 3.8 <sup>b</sup>	112.5 ± 6.5 <sup>a</sup>	66.7 ± 7.0 <sup>a</sup>
Julio	(n = 9) 35.2 ± 6.4 <sup>b,c</sup>	126.9 ± 10.9 <sup>a</sup>	91.7 ± 11.8 <sup>b</sup>
Agosto	(n = 6) 60.3 ± 8.5 <sup>a,d</sup>	139.2 ± 14.5 <sup>a</sup>	78.9 ± 15.6 <sup>a</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística (P < 0.05). El exponente <sup>1</sup> denota tendencia en la significancia (P < 0.10).

Cuadro 6. Desempeño reproductivo de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

Carga	Índice de gestación a primer servicio (%)	Índice de gestación general (%)	Vacas que quedaron gestantes antes del destete (%)	No de servicios por concepción
Alta	10/16 (63) <sup>a</sup>	12/16 (75) <sup>a</sup>	4/12 (33) <sup>a</sup>	16/12 = 1.3
Baja	10/21 (48) <sup>a</sup>	14/21 (67) <sup>a</sup>	2/14 (14) <sup>a</sup>	21/14 = 1.5

No se encontraron diferencias estadísticas (P > 0.05).

Cuadro 7. Días y concentración máxima de P4 a la primera elevación de progesterona (PEP<sup>4</sup>) en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

	Concentración de P4		Días a PEP <sup>4</sup>	
Carga	Alta	(n = 22)	4.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	116.8 ± 8.0 <sup>a</sup>
	Baja	(n = 22)	4.3 ± 0.7 <sup>a</sup>	132.7 ± 9.9 <sup>a</sup>
Sexo de la cría	Machos	(n = 21)	3.5 ± 0.7 <sup>1</sup>	120.1 ± 9.3 <sup>a</sup>
	Hembras	(n = 23)	4.9 ± 0.6 <sup>1</sup>	129.4 ± 8.8 <sup>a</sup>
Condición de la madre antes de los 180 días	Inseminada	(n = 37)	4.0 ± 0.4 <sup>a</sup>	127.6 ± 5.9 <sup>a</sup>
	No Inseminada	(n = 7)	4.3 ± 1.0 <sup>a</sup>	121.8 ± 14.5 <sup>a</sup>
	Gestante	(n = 26)	4.6 ± 0.8 <sup>a</sup>	120.1 ± 10.5 <sup>a</sup>
	No Gestante	(n = 18)	3.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	129.3 ± 7.8 <sup>a</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística (P < 0.05). La misma literal (a,a) denota diferencia no estadística (P > 0.05) y el exponente <sup>(1)</sup> denota tendencia en la significancia (P < 0.10).



Cuadro 8. Número de folículos de diferente diámetro presentes desde 21 días posparto hasta antes del primer ciclo estral y durante el primero, segundo y tercer ciclo en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

	CARGA	Diámetro folicular		
		< a 5 mm.	6 a 8 mm.	> a 9 mm.
De los 21 días posparto hasta antes del primer ciclo	Alta	198.1 ± 112.6 <sup>a</sup>	56.2 ± 38.1 <sup>a</sup>	14.0 ± 8.9 <sup>a</sup>
	Baja	276.0 ± 136.8 <sup>b</sup>	68.3 ± 32.5 <sup>a</sup>	14.7 ± 7.1 <sup>a</sup>
Primer ciclo	Alta	37.9 ± 11.3 <sup>a</sup>	17.1 ± 9.2 <sup>a</sup>	2.9 ± 1.5 <sup>a</sup>
	Baja	37.4 ± 12.9 <sup>a</sup>	20.4 ± 8.0 <sup>a</sup>	3.1 ± 1.2 <sup>b</sup>
Segundo ciclo	Alta	29.7 ± 9.3 <sup>a</sup>	19.8 ± 10.1 <sup>1</sup>	3.9 ± 2.1 <sup>a</sup>
	Baja	34.0 ± 9.0 <sup>a</sup>	26.0 ± 6.1 <sup>1</sup>	2.9 ± 1.8 <sup>a</sup>
Tercer ciclo	Alta	35.7 ± 12.1 <sup>a</sup>	18.3 ± 9.6 <sup>1</sup>	4.7 ± 2.5 <sup>a</sup>
	Baja	32.8 ± 6.0 <sup>a</sup>	26.3 ± 9.5 <sup>1</sup>	6.3 ± 1.5 <sup>a</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística (P < 0.05). El exponente <sup>1</sup> denota tendencia en la significancia (P < 0.10).

Cuadro 9. Número de folículos de diferente diámetro, presentes desde 21 días posparto hasta antes del primer ciclo estral y durante un ciclo en cada ovario (izquierdo y derecho) en vacas Brahman en pastoreo.

	Ovario	Diámetro folicular		
		< a 5 mm.	6 a 8 mm.	> a 9 mm.
De los 21 días posparto hasta antes del primer ciclo	Izquierdo	247.5 ± 138.5 <sup>a</sup>	56.0 ± 34.3 <sup>1</sup>	11.2 ± 7.8 <sup>a</sup>
	Derecho	226.6 ± 126.5 <sup>a</sup>	68.5 ± 39.9 <sup>1</sup>	17.5 ± 12.3 <sup>b</sup>
Durante un ciclo	Izquierdo	35.4 ± 15.4 <sup>a</sup>	18.9 ± 8.6 <sup>a</sup>	3.2 ± 2.2 <sup>1</sup>
	Derecho	35.5 ± 15.5 <sup>a</sup>	20.9 ± 10.2 <sup>a</sup>	4.0 ± 3.0 <sup>1</sup>

Diferentes literales (a,b) entre filas denotan diferencia estadística (P < 0.05). El exponente <sup>1</sup> denota tendencia en la significancia (P < 0.10).

Cuadro 10. Estimación del consumo voluntario de forraje y proteína cruda de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

Mes	No. De Poteros Muestreados	Peso promedio del hato (kg)	Peso Promedio Individual (kg)	Consumo de forraje seco en relación al peso vivo promedio (%)	Consumo de forraje seco (kg/animal/día)	Contenido de proteína cruda del forraje seco (%)	Proteína cruda aportada por el forraje seco (kg/animal/día)
Julio	3	12244	557	2.03	11.3	14.4	1.62
Agosto	3	12738	579	3.81	22.0	10.1	2.22
Septiembre	3	13406	609	1.92	11.7	9.4	1.10
Octubre	5	13013	592	3.03	17.9	9.2	1.65
Noviembre	2	11465	521	2.03	10.6	7.3	0.77
Diciembre	4	10687	486	1.47	7.1	9.4	0.67
Enero	4	10367	471	1.75	8.2	8.1	0.66

Cuadro 11. Comparación de Medias  $\pm$  Error Estándar de los componentes del análisis químico proximal de las muestras de forraje tomadas de praderas pastoreadas por vacas Brahman a dos niveles de carga animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha), en el trópico húmedo de México.

	CENIZAS	EE	FIBRA CRUDA	PROTEÍNA		ELN
				CRUDA	CRUDA	
CARGA	ALTA	13.56 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	9.37 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	30.30 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	9.70 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	37.04 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>
	BAJA	14.55 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	8.70 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	28.71 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	9.71 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	38.24 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>
CONDICION	ENTRADA	12.40 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	9.25 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	29.68 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>	10.14 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	38.46 $\pm$ 0.56 <sup>a</sup>
	SALIDA	15.71 $\pm$ 0.64 <sup>b</sup>	8.82 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	29.33 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>	9.26 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>	36.82 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>
PARTE	COMPLETA	15.97 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	8.97 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	29.70 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	9.04 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	36.28 $\pm$ 0.54 <sup>a</sup>
	HOJA	13.71 $\pm$ 0.66 <sup>b</sup>	9.12 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	27.33 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>	13.48 $\pm$ 0.39 <sup>b</sup>	36.26 $\pm$ 0.99 <sup>a</sup>
	TALLO	12.50 $\pm$ 0.66 <sup>b</sup>	9.02 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	31.48 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>	6.58 $\pm$ 0.39 <sup>c</sup>	40.39 $\pm$ 0.99 <sup>b</sup>

Diferentes literales (a,b,c) entre filas denotan diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

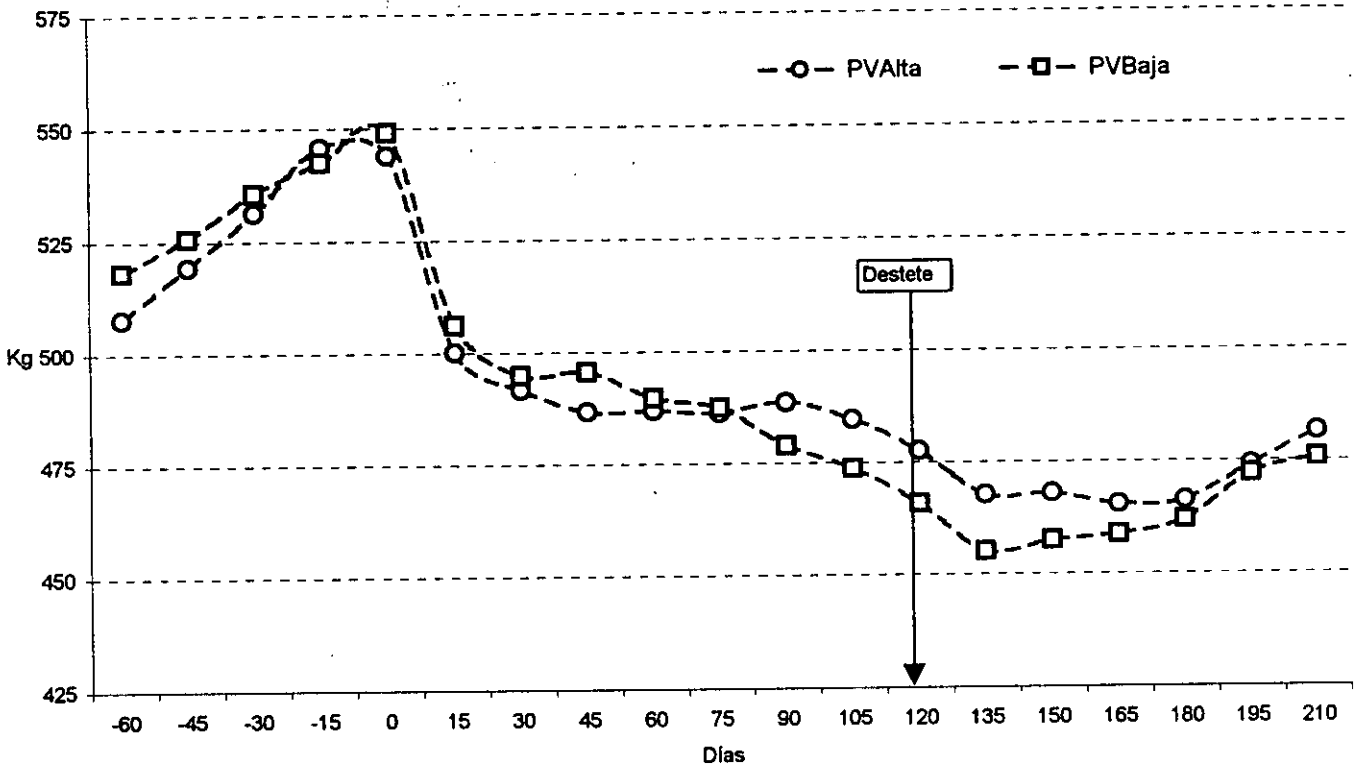


Figura 1. Cambios en el peso vivo pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

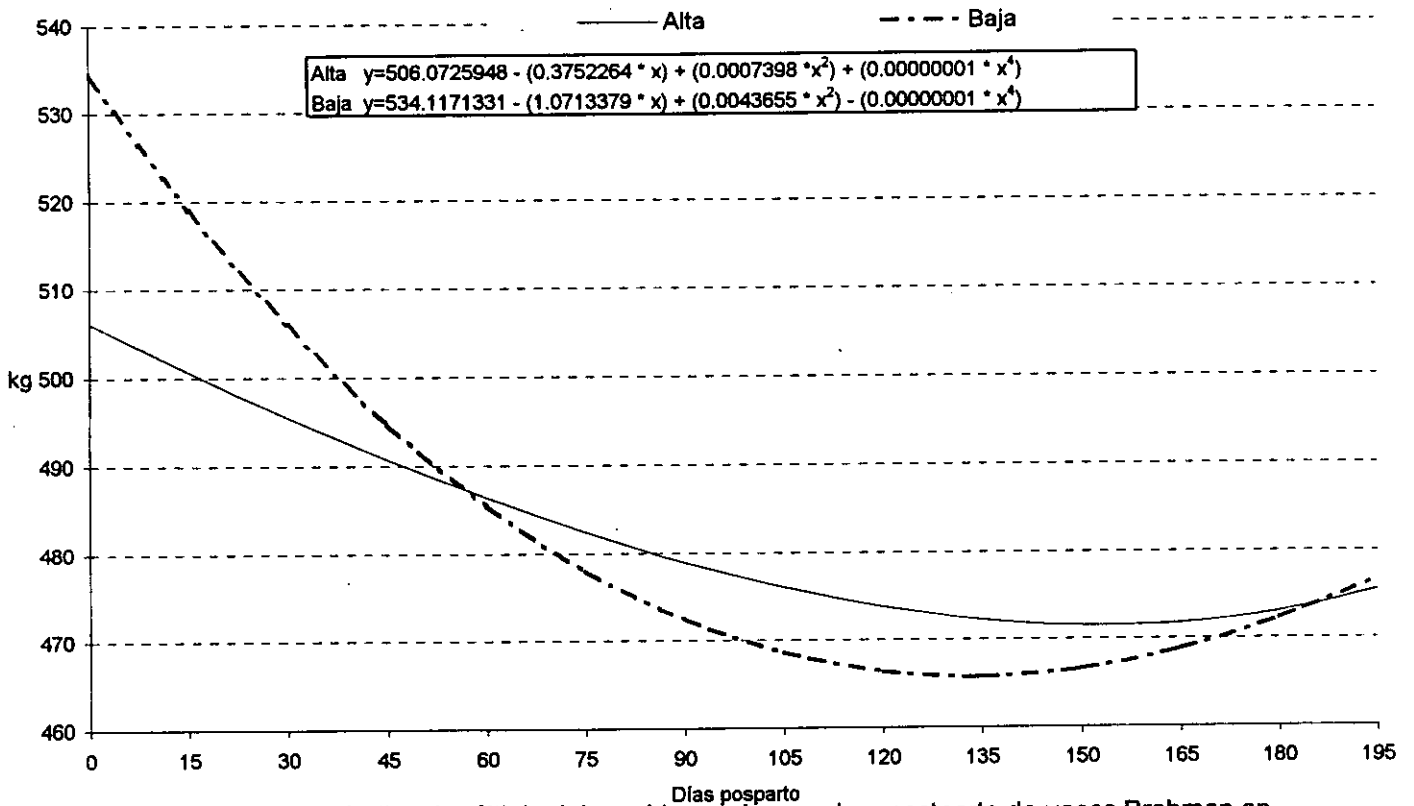


Figura 2. Regresión lineal múltiple del cambio en el peso vivo postparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

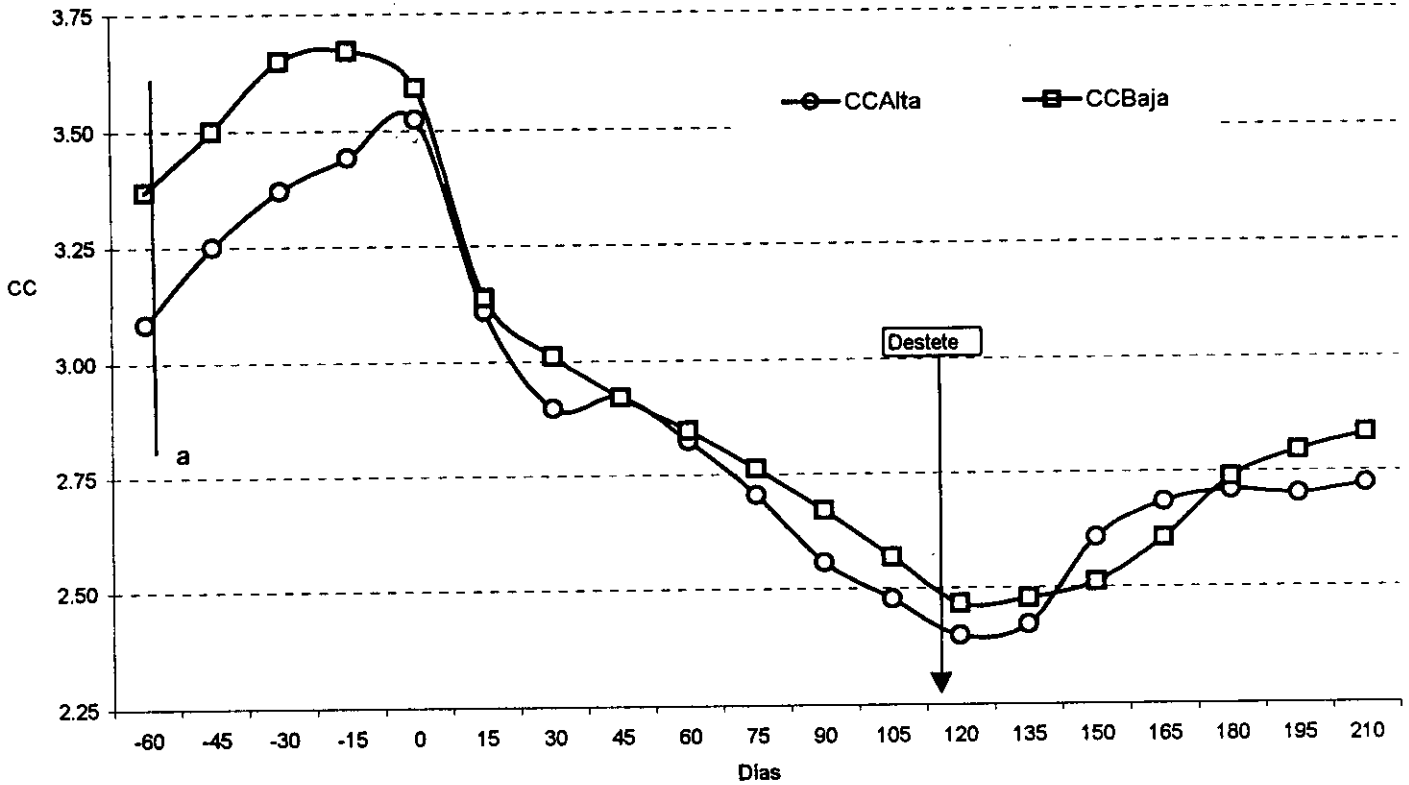


Figura 3. Cambios en la condición corporal pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha). La literal "a", denota diferencia estadística en ese punto específico de la curva.

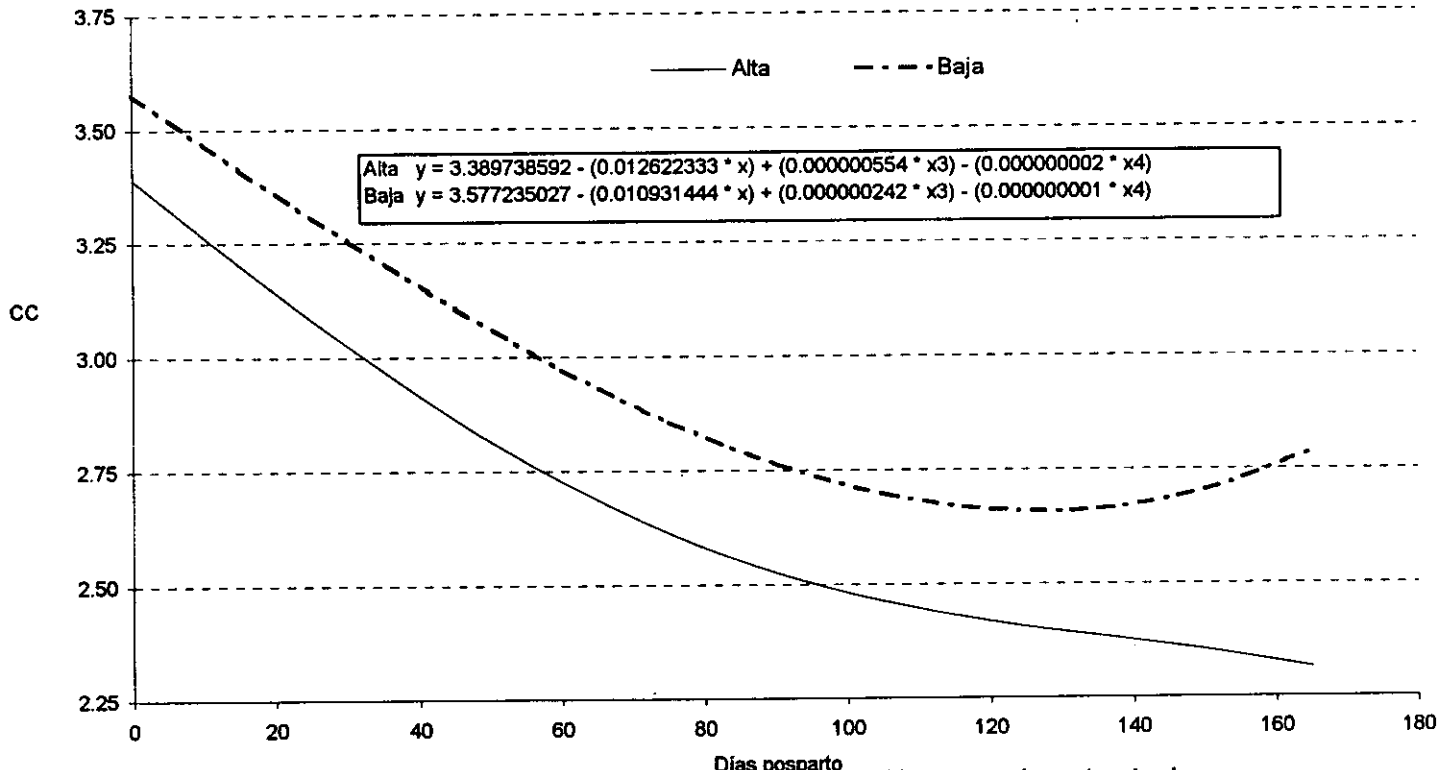


Figura 4. Regresión lineal múltiple del cambio en la condición corporal postparto de vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 vacas/ha y baja = 1.8 vacas/ha). No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

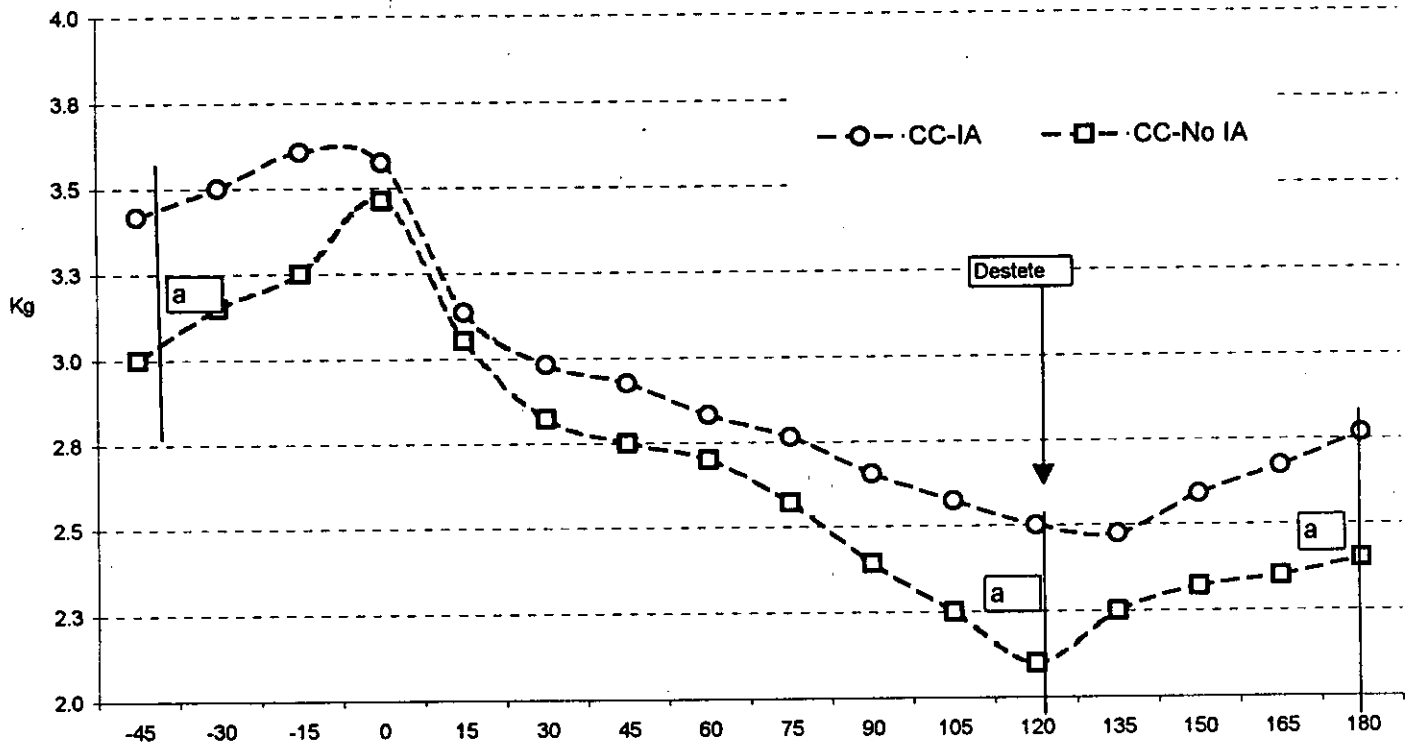


Figura 5. Cambios en la condición corporal (CC) pre y posparto de vacas Brahman en pastoreo que recibieron (IA) o no (No IA) inseminación artificial. La literal "a", denota diferencia estadística en ese punto específico de la curva.

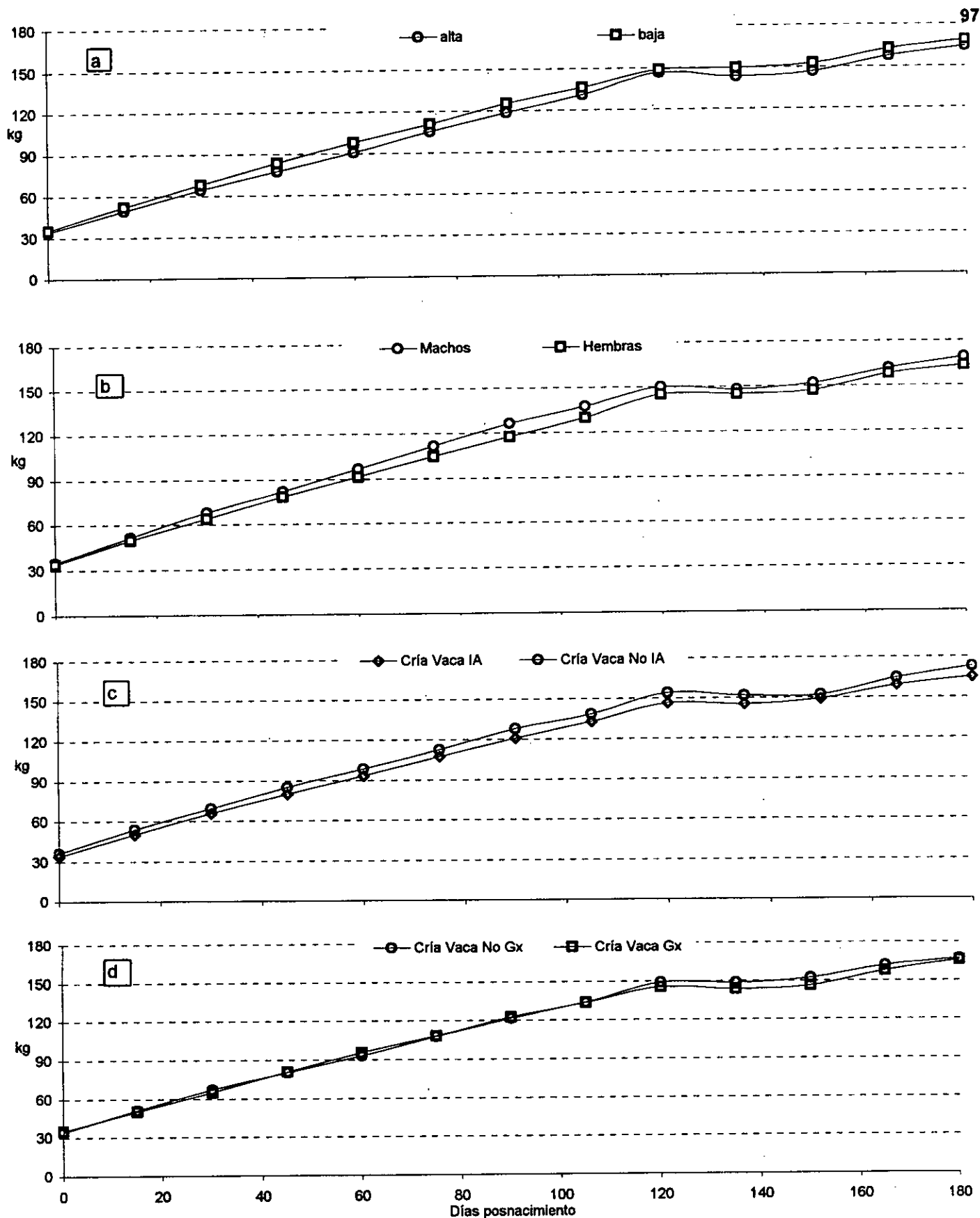


Figura 6. Cambios en el peso vivo (PV) posnacimiento de los becerros de vacas Brahman en pastoreo. Efecto de: a) carga animal, b) sexo del becerro, condición de la madre c), inseminada o no inseminada antes de los 180 días posparto y d) gestante o no gestante antes de los 180 días posparto. No se encontraron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ).

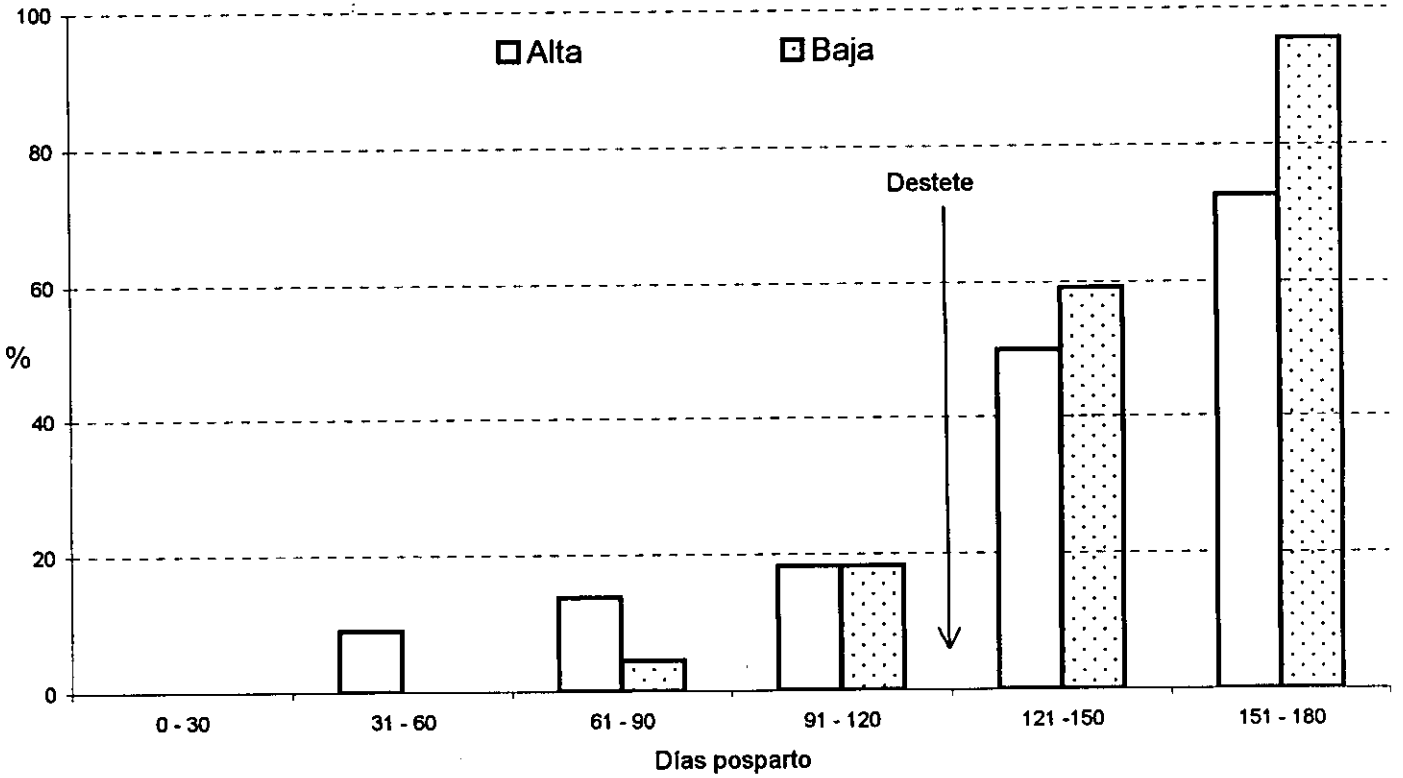


Figura 7. Porcentaje mensual acumulado de inseminaciones en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha)

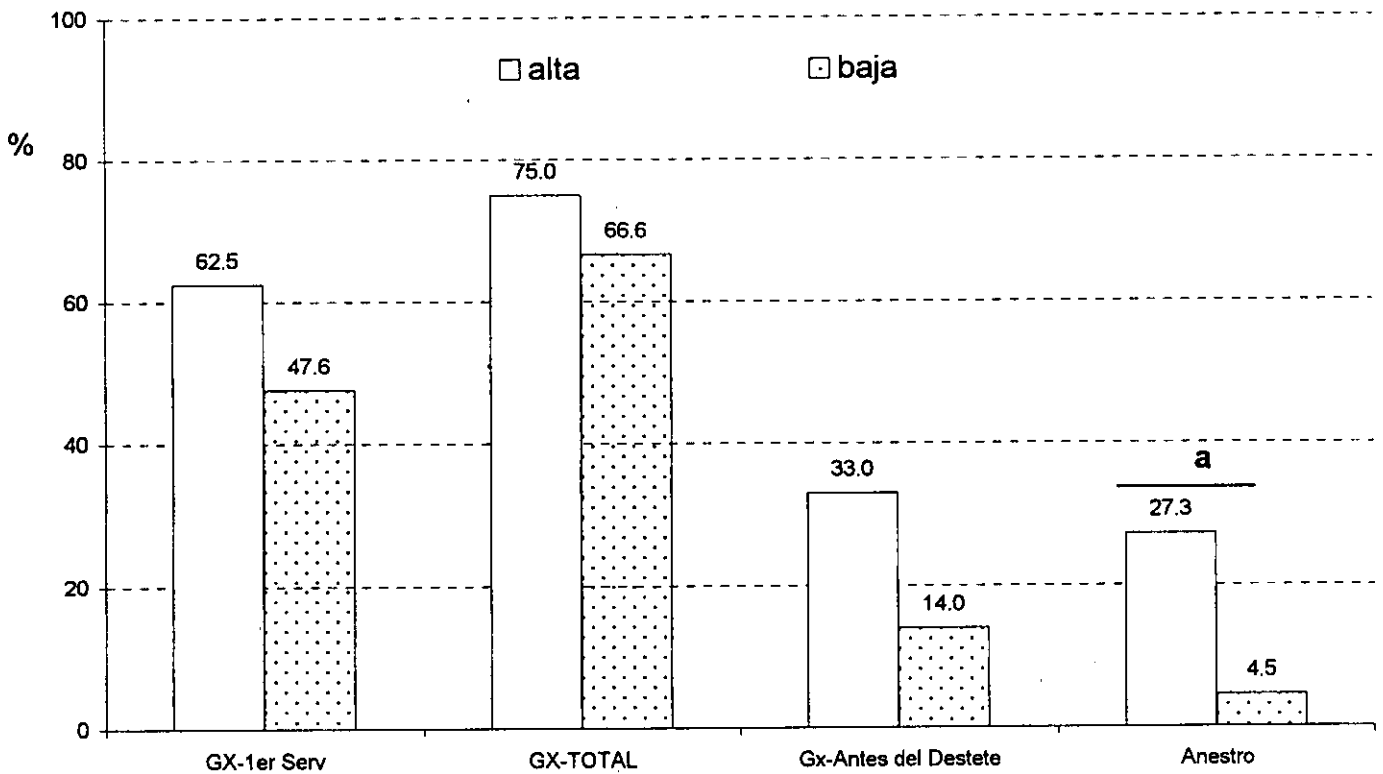


Figura 8. Indices de fertilidad de vacas Brahman que pastaron en gramas nativas a dos cargas animal (alta 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha). La literal "a", denota diferencia estadística.

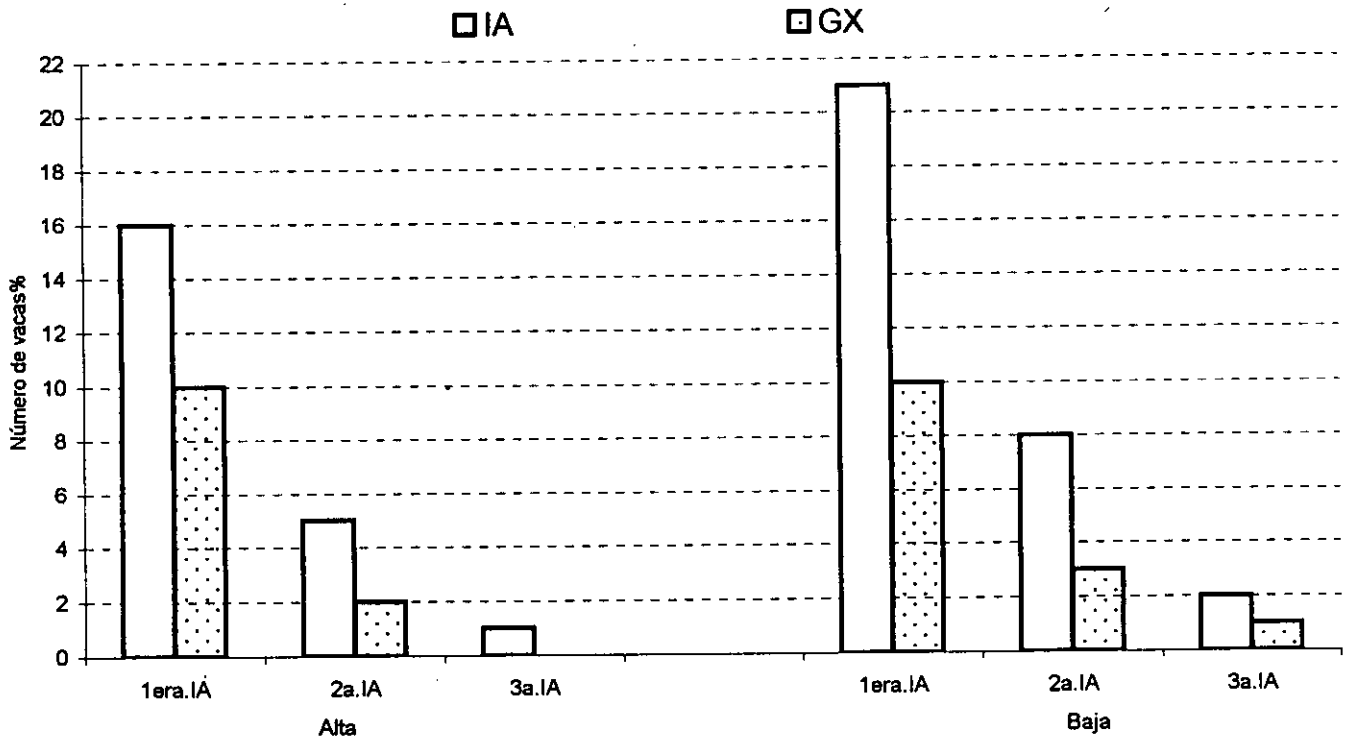


Figura 9. Relación inseminación/gestación en relación al número de servicios en vacas Brahman que pastaron en gramas nativas a dos cargas animal (alta 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

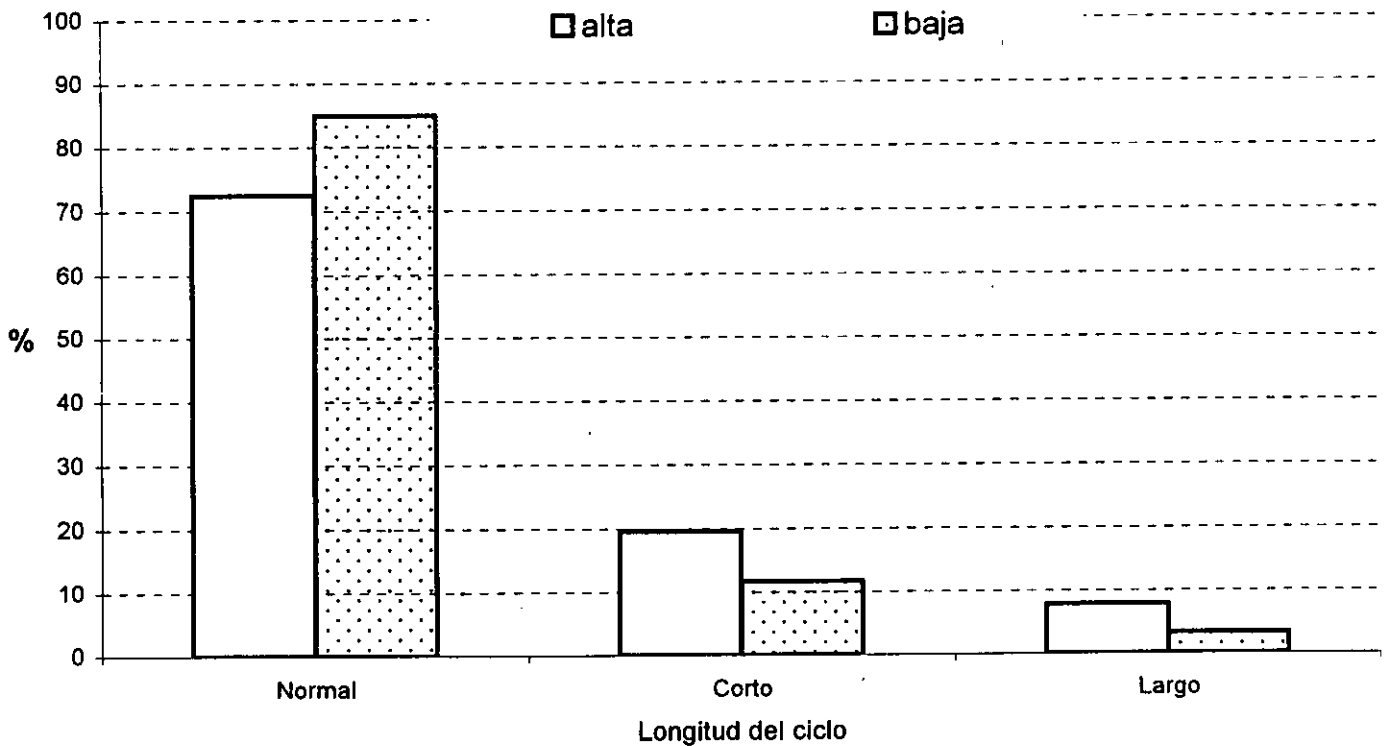


Figura 10. Proporción de ciclos de acuerdo a la longitud del mismo (normal = 18 a 23 días, corto = 11 a 17 días y largo = 24 a 30 días) en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja = 1.8 UA/ha).



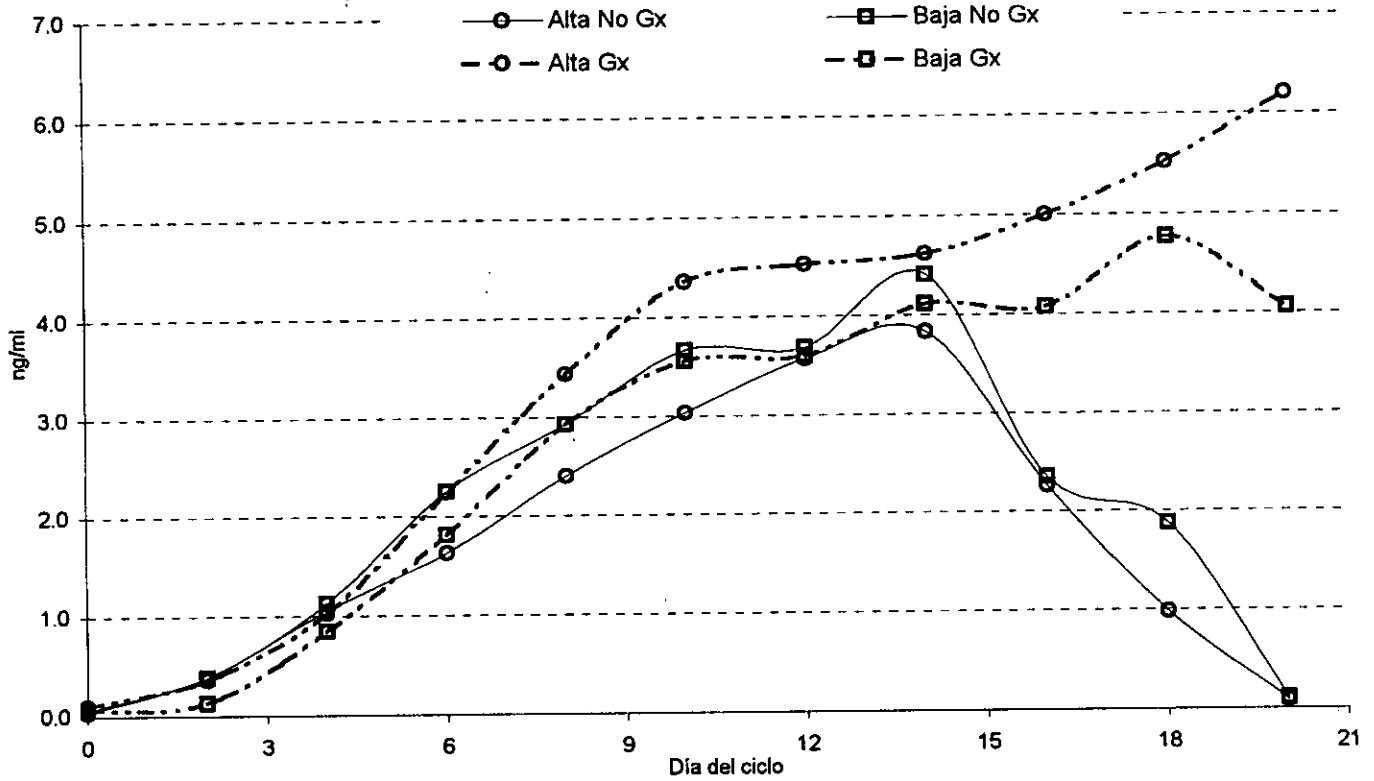


Figura 11. Perfil de la concentración de progesterona (ng/ml) en vacas con ciclo normal y en vacas que quedaron gestantes, pastoreando bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja = 1.8 UA/ha)

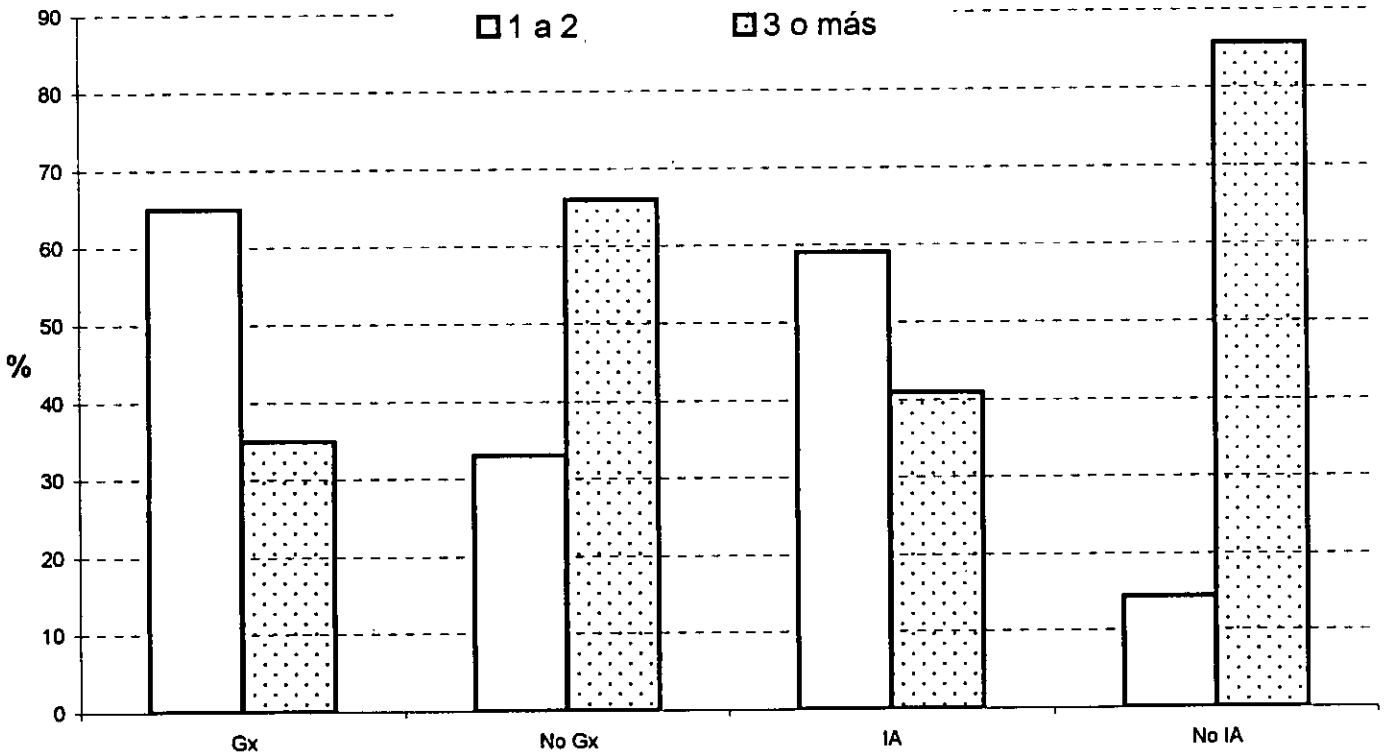


Figura 12. Número de ciclos en vacas que se inseminaron o no y que quedaron gestantes o no antes de los 180 días en vacas Brahman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja 1.8 = UA/ha).

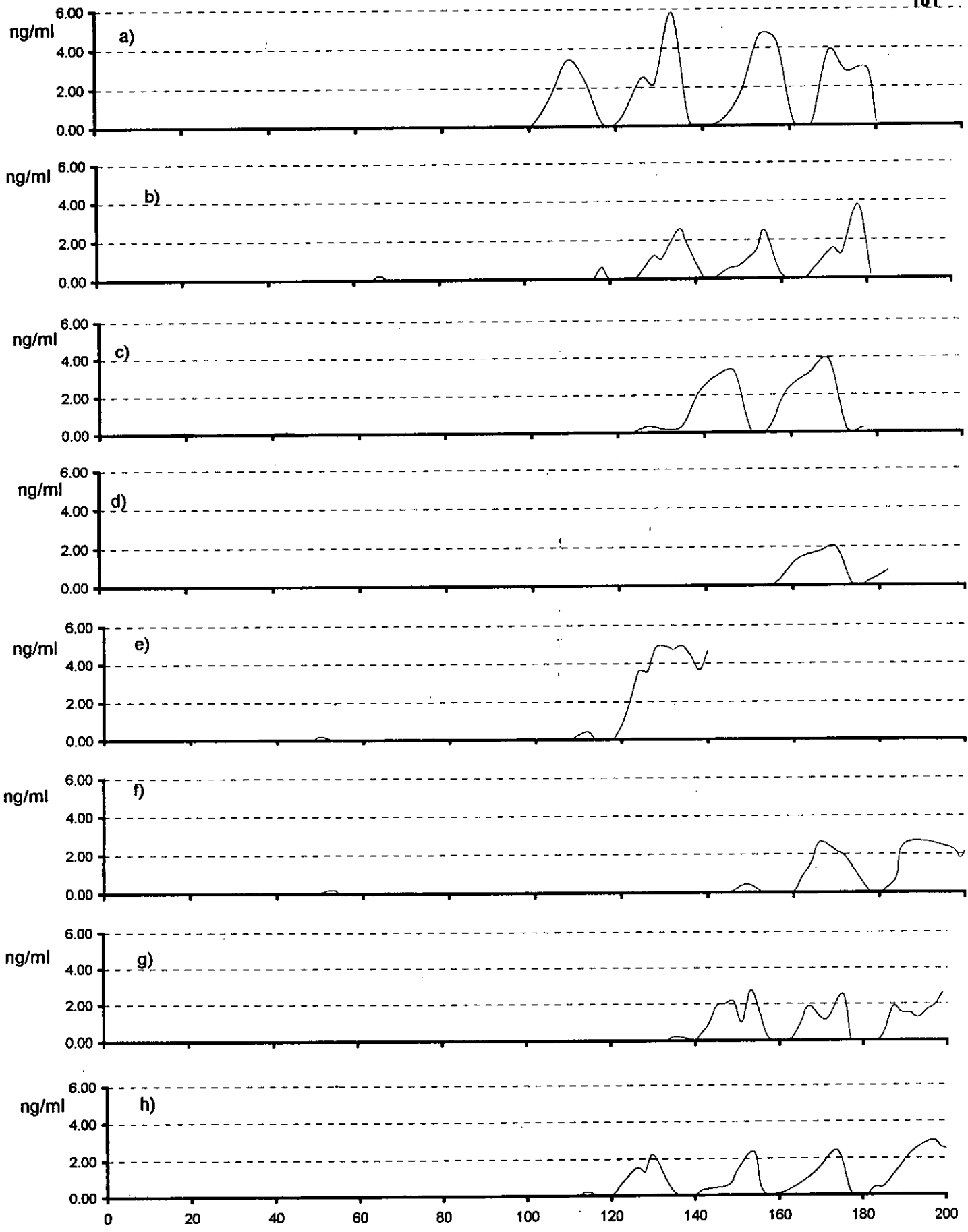


Figura 13. Perfil de la concentración de progesterona (ng/ml) en vacas Brahman. Vacas que no quedaron gestantes y presentaron: a) 4 ciclos; b) 3 ciclos; c) 2 ciclos; d) 1 ciclo. Vacas que si quedaron gestantes en: e) 1 ciclo; f) 2 ciclos; g) 3 ciclos; h) 4 ciclos.

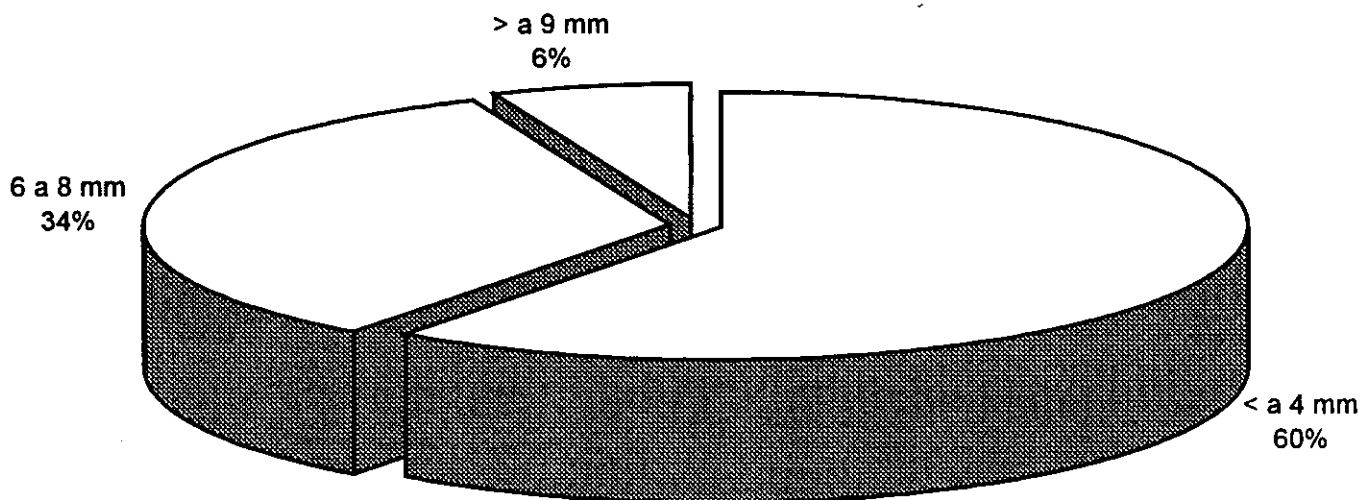


Figura 14. Número de folículos de diferente diámetro (< a 4, de 6 a 8 y > a 9 mm) durante un ciclo en ambos ovarios en vacas Brahaman en pastoreo bajo dos cargas animal (alta = 2.8 UA/ha y baja = 1.8 UA/ha).

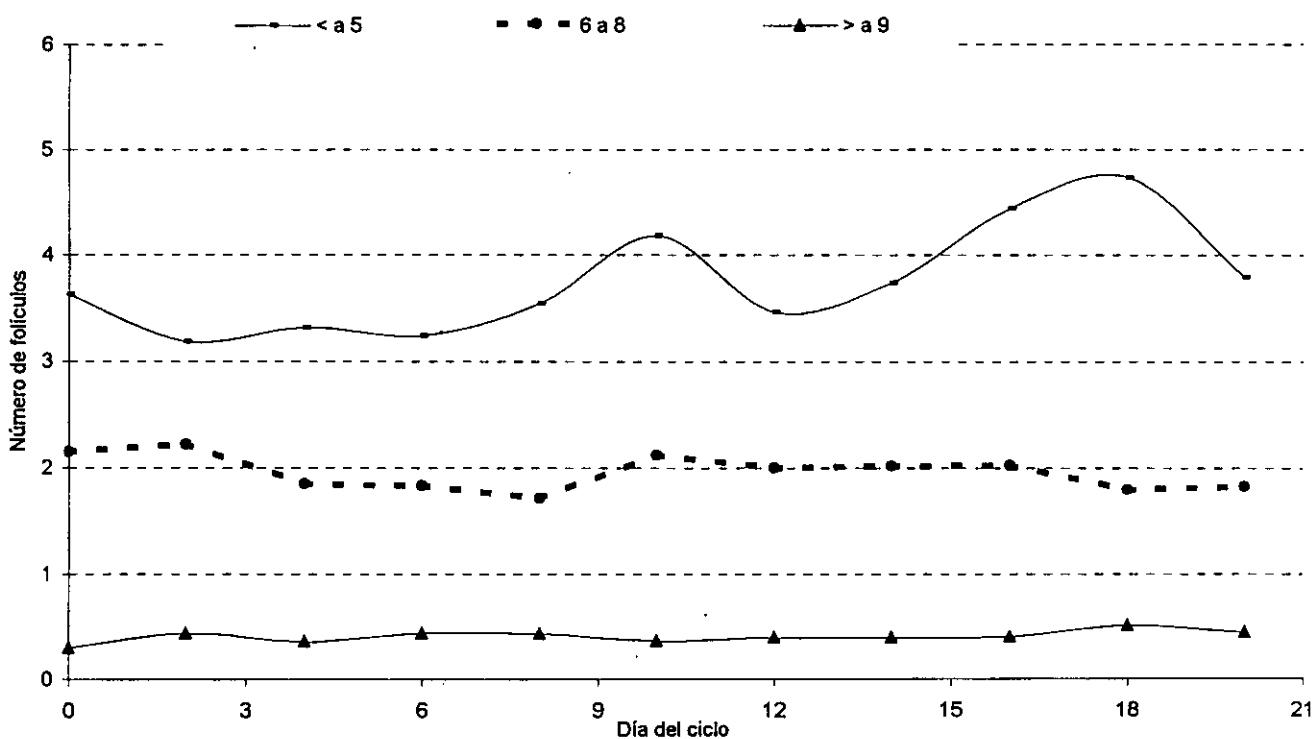


Figura 15. Número de folículos de diferente tamaño (< a 5 mm, de 6 a 8 mm y > a 9 mm) durante un ciclo en las vacas de la carga alta.

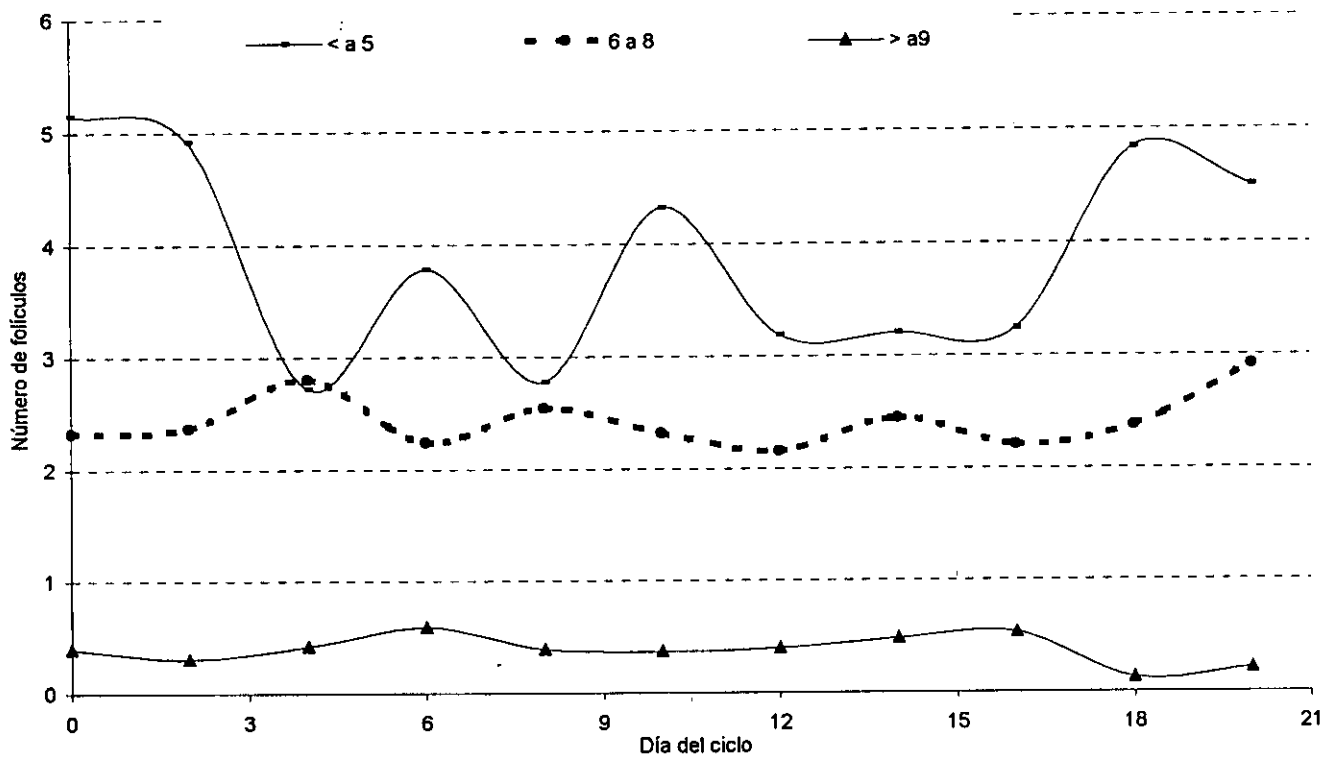


Figura 16. Número de folículos de diferente tamaño (< 5 mm, de 6 a 8 mm y > 9 mm) durante un ciclo en las vacas de la carga baja.

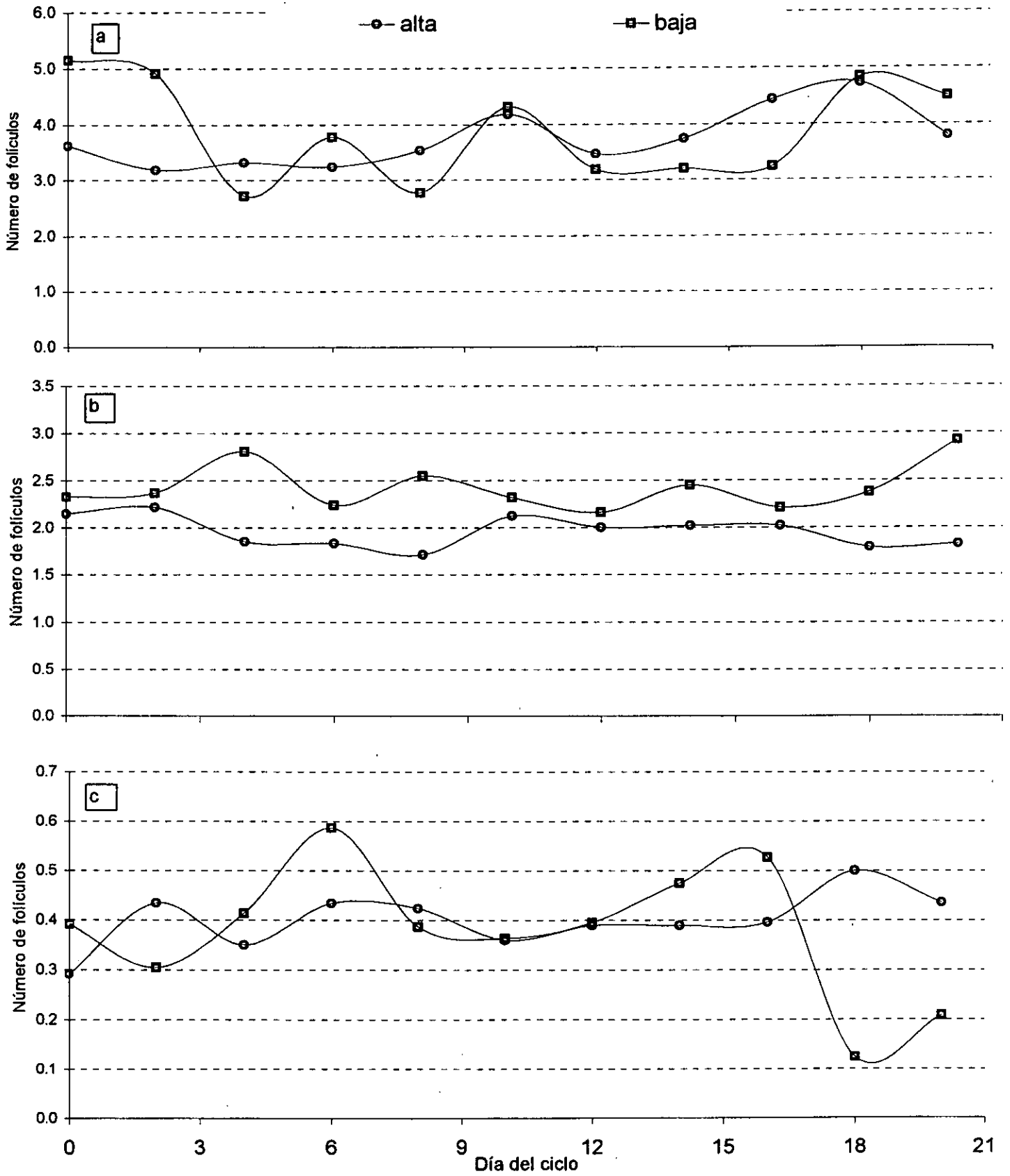


Figura 17. Número de folículos de diferente tamaño a) < a 5 mm, b) de 6 a 8 mm, c) > a 9 mm. a lo largo de un ciclo en vacas Brahman bajo dos cargas animal: alta = 2.8 UA/ha y baja = 1.8 UA/ha.

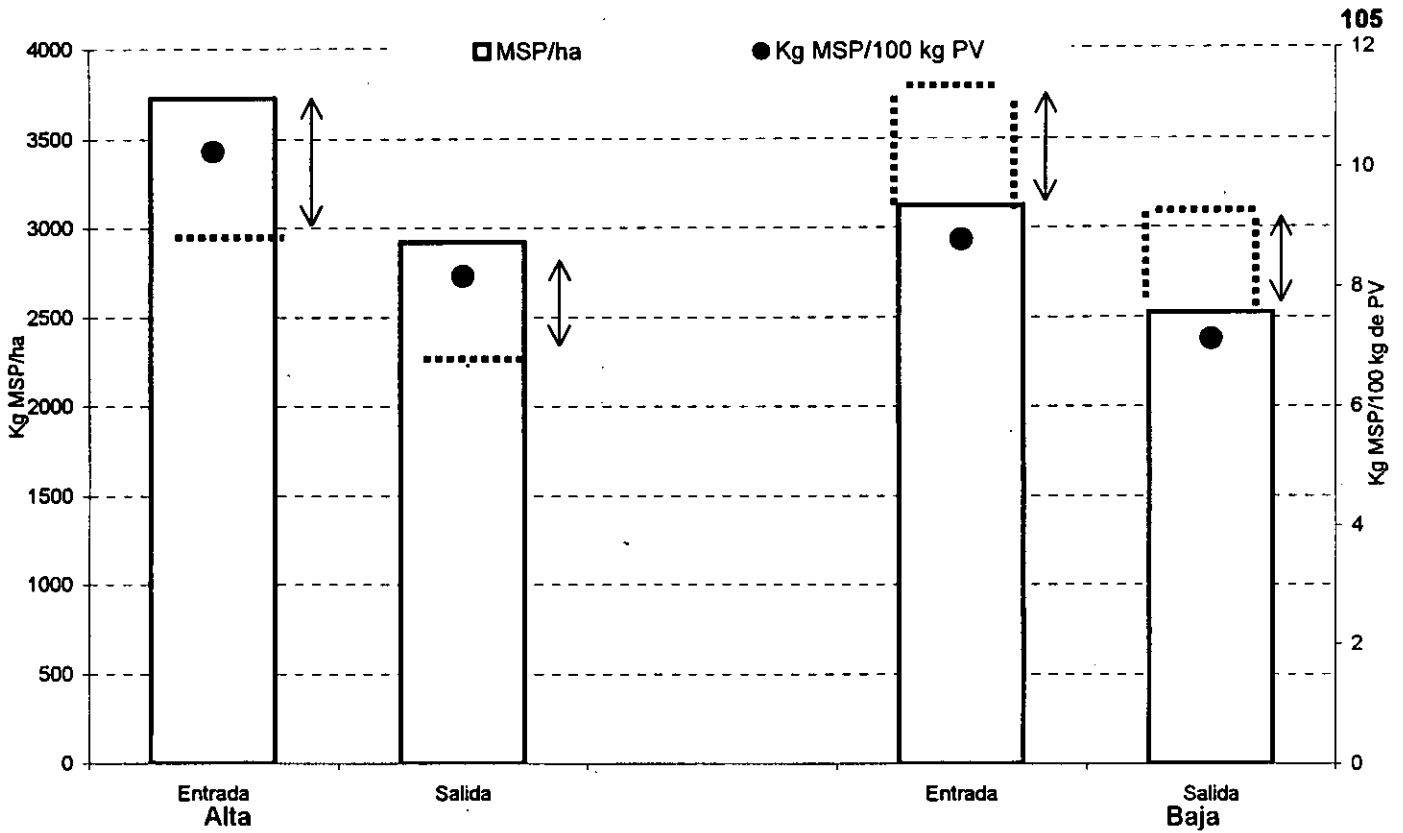


Figura 18. Materia seca presente por ha (kg/MSP/ha = línea continua \_\_\_\_\_) y por potrero (kg/MSP/potrero = línea punteada .....), así como disponibilidad de forraje (kg/MSP/100 kg de PV) antes y después del pastoreo en dos cargas animal (alta y baja).

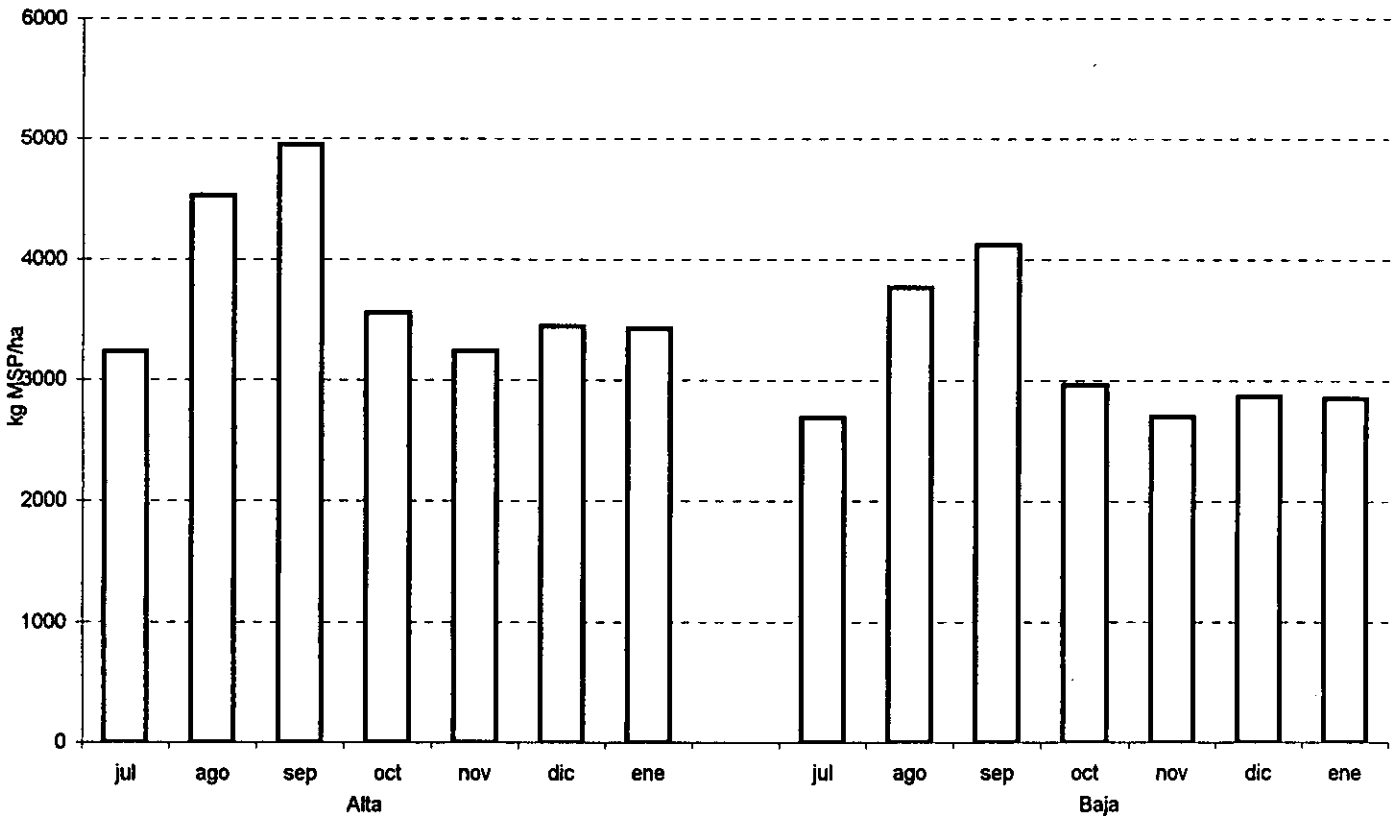


Figura 19. Materia seca presente por hectárea (kg/MSP/ha) por mes antes del pastoreo en potreros de dos cargas animal (2.8 UA/ha = alta y 1.8 UA/ha = baja).

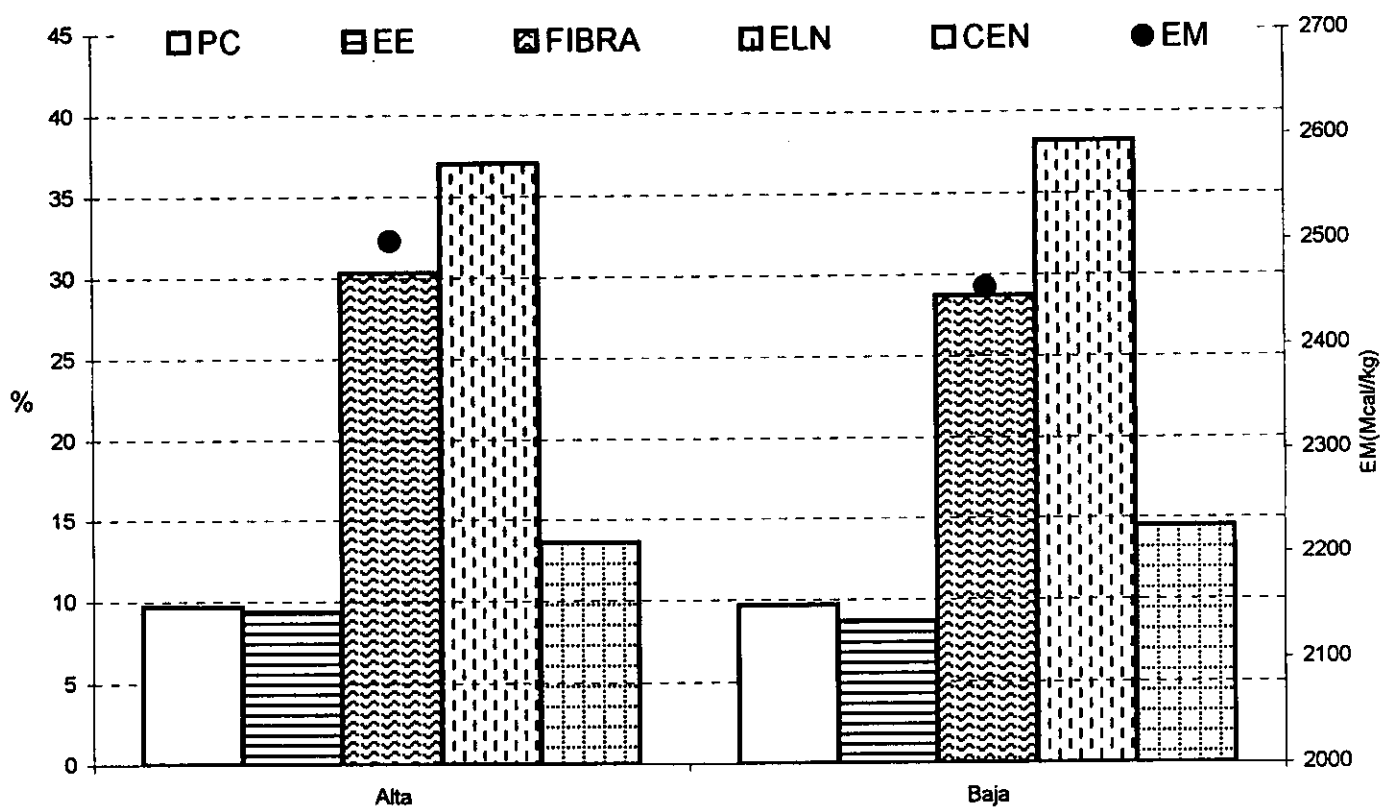


Figura 20. Análisis químico proximal de las muestras de forraje en dos cargas animal (alta 2.8 UA/ha y baja 1.8 UA/ha).

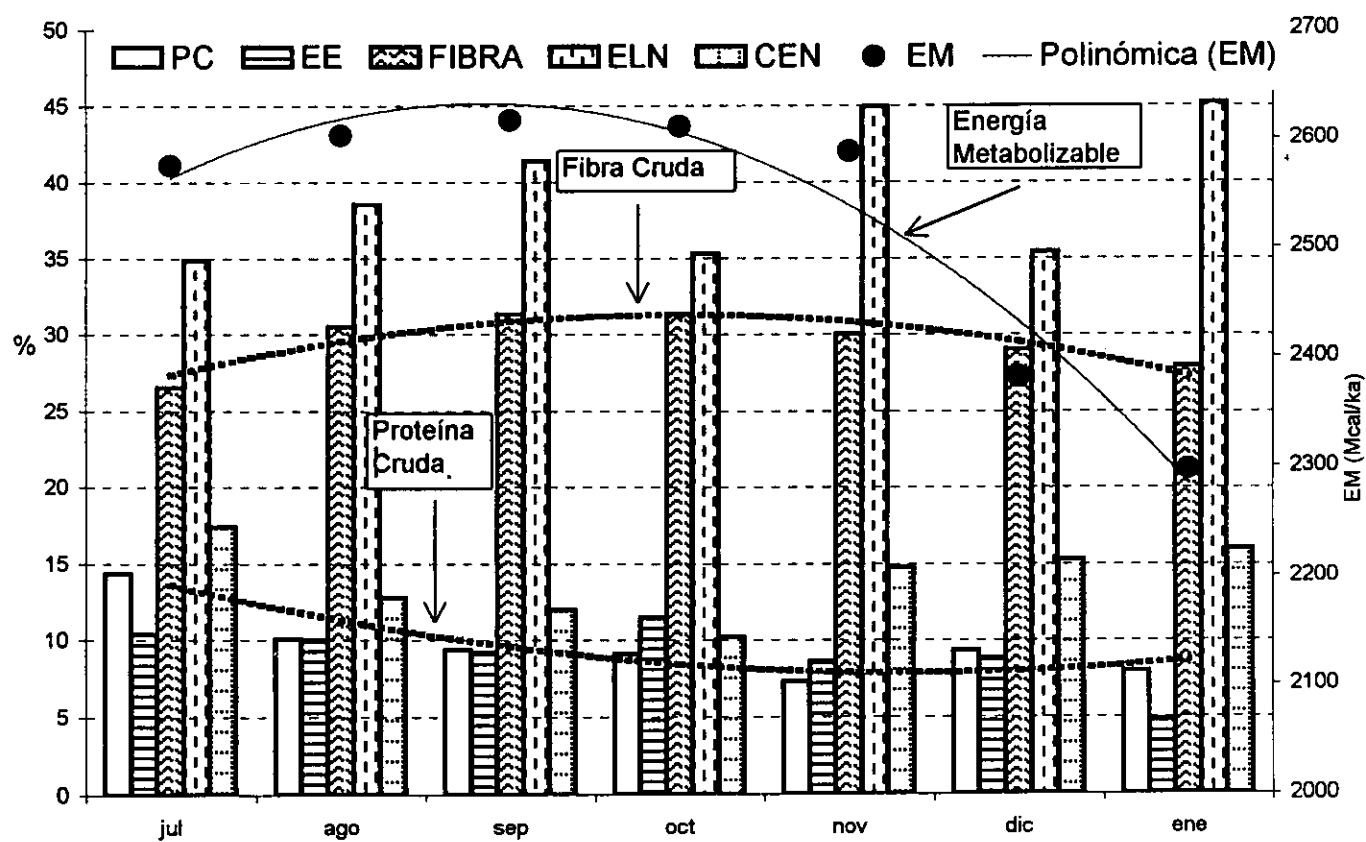


Figura 21. Análisis químico proximal de las muestras de forraje por mes.

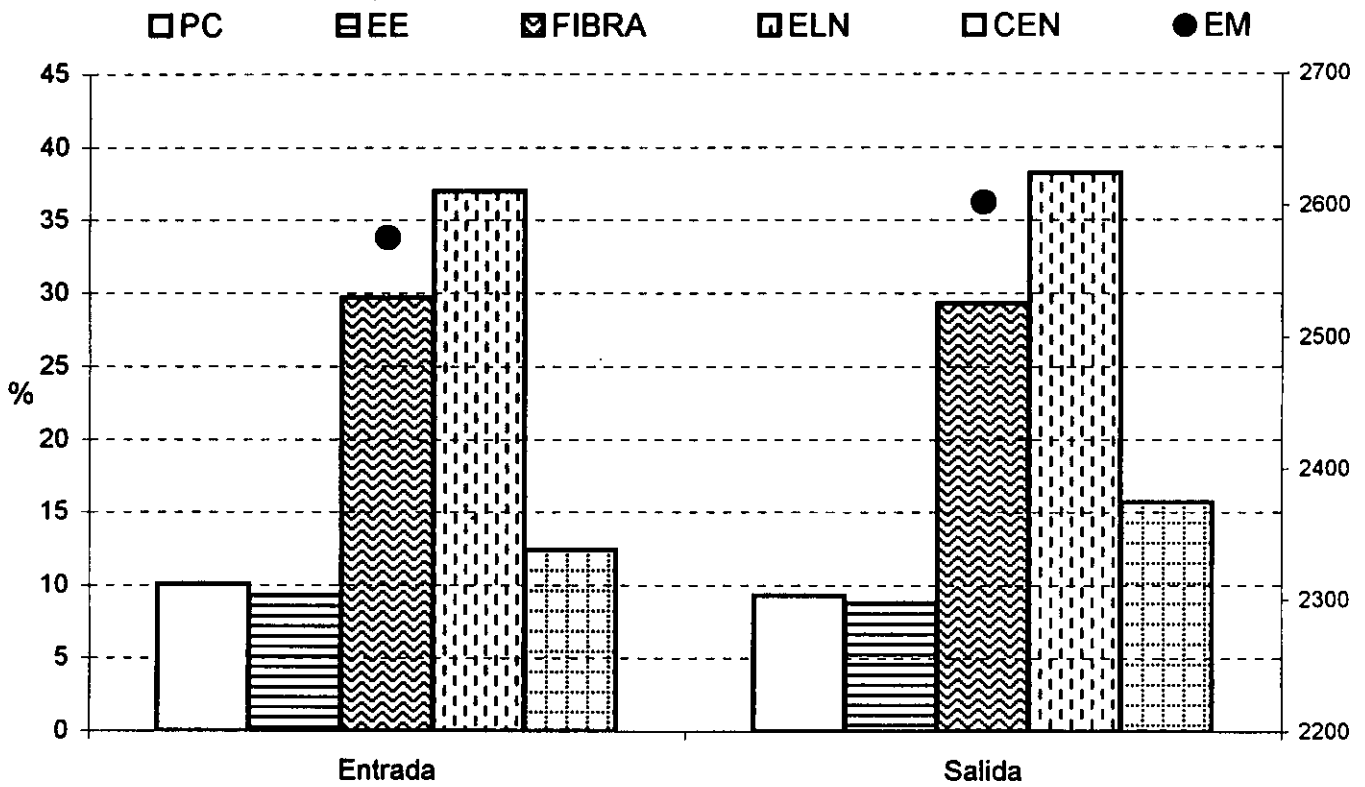


Figura 22. Análisis químico proximal de las muestras de forraje antes y después del pastoreo.

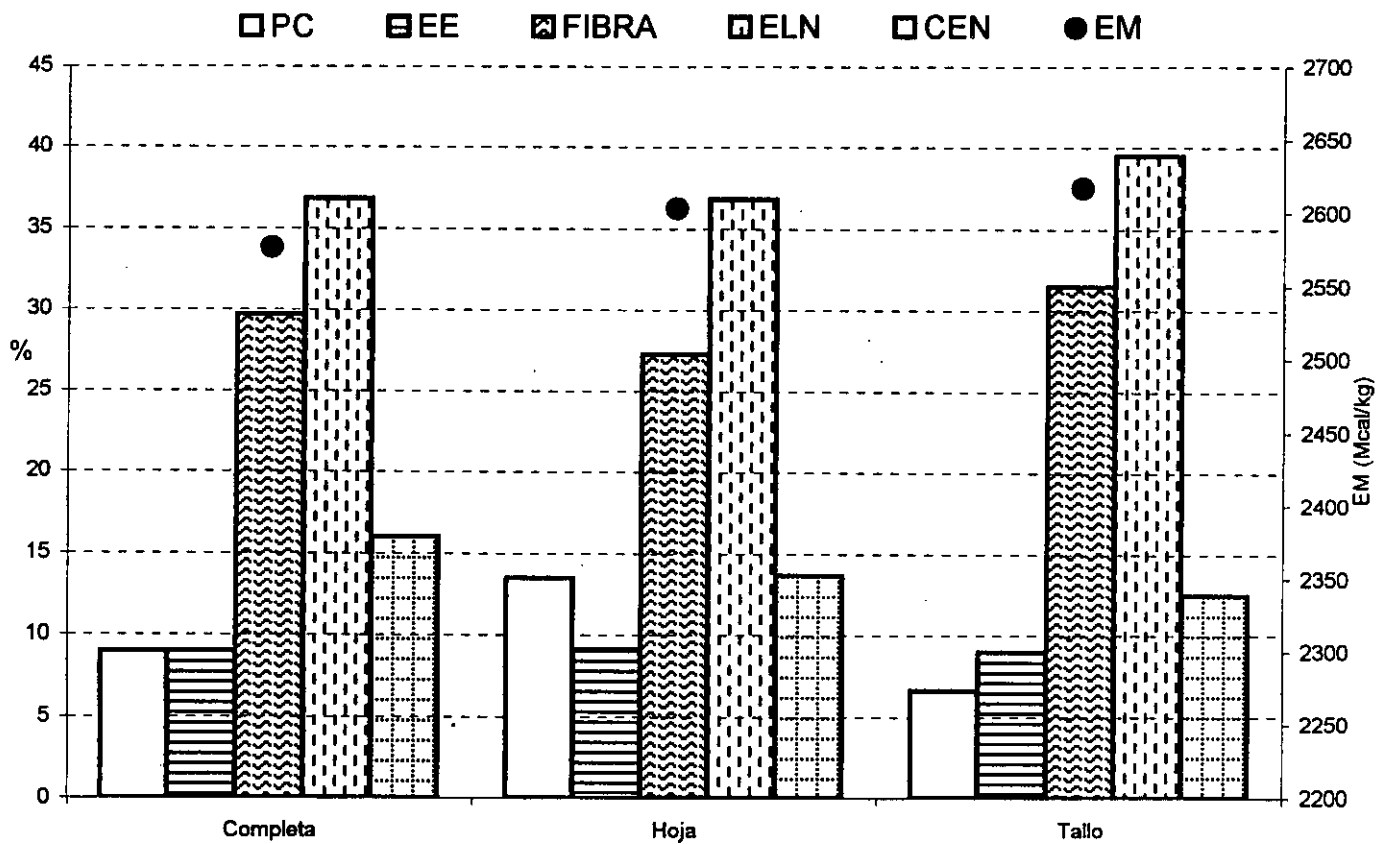


Figura 23. Análisis químico proximal de las muestras de forraje por separado (hoja y tallo).



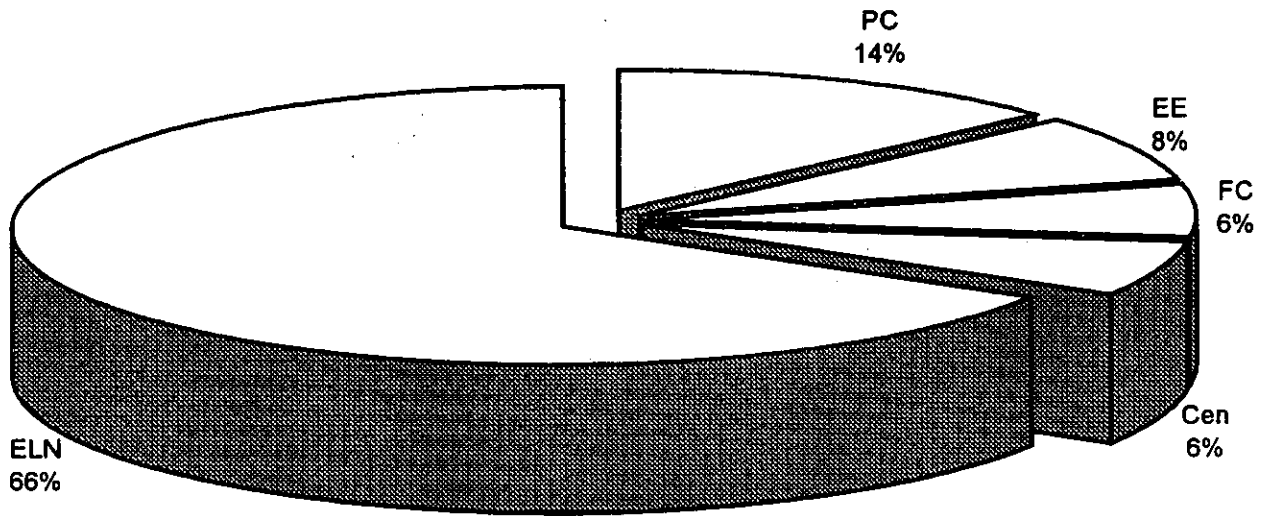


Figura 24. Análisis químico proximal del concentrado administrado a becerros Brahman desde los cuatro y hasta los seis meses.

