

VARIACIONES EN EL PESO Y LA CONDICIÓN CORPORAL POSTPARTO Y SU RELACIÓN CON ALGUNOS PARÁMETROS DE EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS CEBÚ

Camilo Andrés Mejía Osorio¹; Guillermo Henao Restrepo²;
Jorge Botero Botero³; Luis Ignacio Acevedo Agudelo⁴;
Angel María Giraldo Mejía⁵ y Luis Emilio Trujillo Aramburo⁶

RESUMEN

La presente investigación se realizó en una zona de vida de bh-T a una altura promedio de 82 msnm con temperatura de 28°C. Se emplearon 40 vacas Cebú múltiparas, en pastoreo, a las cuales se les monitorearon las variaciones de peso y de condición corporal 15 días antes del parto, al momento del parto y a partir de este cada 15 días hasta los 135 días postparto. Se recolectaron muestras sanguíneas a 25 de estas vacas para determinar la presencia de cuerpos cetónicos y realizar la dosificación de AGNE en suero. El número de parto, el peso y la condición corporal preparto y al momento del parto presentaron efecto significativo sobre el peso hasta los 120 días postparto y sobre la condición corporal hasta los 135 días postparto, cuando fueron analizados como valor absoluto (r^2 desde 0,32 hasta 0,95; $P < 0,003$ y r^2 desde 0,35 hasta 0,62; $P < 0,001$, respectivamente). Cuando se analizaron las mismas variables como porcentaje del valor preparto, el número de parto presentó efecto significativo sobre el peso entre los 15 y 60 días postparto (r^2 desde 0,15 hasta 0,21; $P < 0,05$). Los cuerpos cetónicos no fueron detectados por medio de la utilización de la prueba semicuantitativa propuesta. Se obtuvieron correlaciones positivas entre los valores de peso y condición corporal (r desde 0,45 hasta 0,82; $P < 0,003$) y negativas entre los AGNE y el peso corporal ($r = -0,55$; $P < 0,008$ al momento del parto y $r = -0,98$; $P < 0,0001$ a los 60 y 75 días postparto), y entre los AGNE y la condición corporal ($r = -0,50$; $P < 0,01$ a los 15 días postparto). Siete de las 40 vacas seleccionadas presentaron estro y fueron inseminadas; cuatro de estas resultaron preñadas. El análisis discriminante para las variables reproductivas, permitió determinar diferencias significativas ($P < 0,05$) de las variables explicatorias, número de parto, peso y condición corporal, al momento del parto y a los 135 días postparto para el estro y entre el peso y condición corporal más cercana al momento del servicio. Además, este análisis arrojó unas funciones discriminantes utilizadas para clasificar las vacas obteniendo unos altos porcentajes de casos clasificados correctamente (81,58% y 100%), para el estro y el servicio respectivamente.

Palabras claves: Ácidos grasos libres, ácidos grasos no esterificados, AGL, AGNE, anestro, cuerpos cetónicos, estro, NEFA, nutrición, reproducción, servicio fértil.

¹ Zootecnista. Asistente Técnico Particular. <vianolo@ubicar.com>.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A 1779, Medellín, Colombia. <ghenao@unalmed.edu.co>

³ Zootecnista. Hacienda Cuba. Tierras y Ganados. Montelíbano Córdoba, Colombia. <hcuba@edatel.net.co>

⁴ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A 1779, Medellín, Colombia. <liacevedo@unalmed.edu.co>

⁵ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A 1779, Medellín, Colombia. <agiraldom@unalmed.edu.co>

⁶ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A 1779, Medellín, Colombia. <letrujil@unalmed.edu.co>

ABSTRACT

VARIATION IN POSPARTUM WEIGHT AND BODY CONDITION AND ITS RELATIONSHIP WITH SOME REPRODUCTIVE EFFICIENCY PARAMETERS IN ZEBU CATTLE

The present study was conducted in the bh-T life zone at an elevation of 82 masl and a mean temperature of 28°C. Forty multiparous Zebu cows in pasture were monitored for weight and body condition changes fifteen days before calving, at calving and every fifteen days for 135 days after calving. Blood samples of 25 of these cows were taken to determine the presence of ketonic bodies and conduct NEFA dosages in serum. Calving order, weight and body condition both prepartum and at calving had significant effects on weight up to 120 days postpartum and on body condition up to 135 days postpartum, when analyzed as absolute values (r^2 from 0,32 to 0,95; $P < 0,003$ and r^2 from 0,35 to 0,62; $P < 0,001$, respectively). When the same variables were analyzed as percentages of the prepartum value, calving order significantly affected weight between 15 and 60 days postpartum (r^2 from 0,15 to 0,21; $P < 0,05$). Ketone bodies were not detected via the semi-quantitative test proposed. A positive correlation was documented between weight values and body condition (r from 0,45 to 0,82; $P < 0,003$) and negative correlations were documented between NEFA and weight ($r= 0,55$; $P < 0,008$ at calving and $r=-0,98$; $P < 0,0001$ at 60 and 75 days postpartum) and between NEFA and body condition ($r=-0,50$; $P < 0,01$ at 15 days postpartum). Seven of forty selected cows exhibited estrus and were inseminated; four of these resulted pregnant. The discriminant analysis of reproductive variables permitted the determination of significant differences ($P < 0,05$) of the explanatory variables; calving order, weight and body condition at calving and at 135 days postpartum for estrus and between weight and body condition measured at the time nearest to breeding. Furthermore, this analysis produced some discriminant functions useful for classifying the cows, with high percentages of correct classifications (81,58% y 100%) for estrus and breeding, respectively.

Key words: *Free fatty acids, nonesterized fatty acids, Ketone bodies, NEFA, nutrition, reproduction.*

INTRODUCCIÓN

La producción de carne en zonas tropicales de Colombia se basa principalmente en la explotación de ganados cebuinos comerciales y sus cruces. Los rendimientos en la reproducción del ganado de carne en estas áreas son bajos, no solo por las limitaciones genéticas sino también por el efecto adverso de los factores ambientales.

Las condiciones medio ambientales del trópico caracterizadas por épocas de sequía muy intensas, junto con sistemas de alimentación en pastoreo continuo de pasturas deficientes, con baja disponibilidad de materia seca o de nutrientes y poca o ninguna suplementación, constituyen los principales factores que afectan el balance nutricional. La baja ingestión de nutrientes causa un balance energético negativo asociado a una movilización de reservas corporales destinadas a mantener la producción láctea que induce la formación de cuerpos cetónicos y ocasiona una pérdida de peso acentuada en el postparto, la cual parece prolongar el anestro, siendo este el principal problema que afecta la eficiencia reproductiva de las explotaciones y que ocasiona grandes pérdidas económicas para los productores.

Los mecanismos fisiológicos por los cuales la subnutrición y la pérdida de peso causan la prolongación del anestro postparto son poco conocidos; sin embargo, la falla en la actividad ovárica se atribuye a una deficiencia en la secreción de gonadotropinas que causa fallas en el desarrollo folicular, ausencia del estro y falta de la ovulación.

Debido a que el estado nutricional se ve reflejado en las variaciones del peso y condición corporal, que son indicadores fácilmente medibles a un bajo costo, su seguimiento puede ser utilizado como una guía para determinar el inicio de la actividad reproductiva. Además, en bovinos, el análisis de cuerpos cetónicos y ácidos grasos no esterificados (AGNE) en el plasma o suero sanguíneo pueden ser de utilidad para el establecimiento de estados deficitarios de energía según el estado fisiológico en el cual se encuentre el animal. De esta forma, el estudio del peso, la condición corporal y el contenido de AGNE en sangre pueden servir como fundamento para implementar y dosificar sistemas de suplementación tendientes a mejorar la eficiencia reproductiva de los ganados de la zona tropical.

El objetivo de esta investigación fue contribuir al conocimiento de algunos factores relacionados con el estado nutricional que influyen en la presentación del anestro postparto prolongado en ganado Cebú del trópico colombiano, mediante la determinación de las variaciones del peso y la condición corporal postparto y su relación con el nivel de AGNE y con algunos parámetros de eficiencia reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Esta investigación se realizó en la Hacienda Cuba, ubicada en el municipio de Montelíbano, departamento de Córdoba, a 330 Km. de distancia de la ciudad de Medellín, con una altura promedio de 82 m.s.n.m, una temperatura promedio de 28°C, una precipitación promedio anual de 2500 mm, que corresponde a una zona de vida de bh-T según el sistema de clasificación de Holdrige (Espinal, 1977).

Animales. Se seleccionaron 40 vacas *Bos indicus* (Cebú comercial) preñadas próximas a parir y cuyos partos se presentaron de manera normal en un intervalo menor de 30 días. Los animales permanecieron en pastoreo en una pradera compuesta principalmente por las gramíneas *B. mutica* (Pará) y *D. annulatum* (Climacuna), con un área de 12 ha, dividida en cuatro potreros de dimensiones similares, con períodos de ocupación y descanso de 42 días aproximadamente y libre acceso al agua y a una sal mineralizada comercial.

Peso vivo y condición corporal. Se obtuvieron valores de peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de todos los animales 15 días antes del parto, al momento del parto y posteriormente cada quince días hasta los 135 días postparto (promedio de días abiertos en la hacienda Cuba), determinado como el momento de corte del experimento. Los pesajes fueron realizados en las horas de la mañana. Se usó una báscula ganadera con capacidad para 1.500 kg, tarada y calibrada al iniciar cada sesión de pesaje.

La CC fue evaluada en una escala de 1 a 9 (1=emaciada y 9= obesa) en el momento de cada sesión de pesaje de los animales (Velásquez, 1999a). Los cambios de peso y condición corporal se determinaron como el porcentaje de desviación del valor inicial.

Detección de estros e inseminación artificial. La detección de estros se realizó por observación visual de los signos durante 30 minutos dos veces diarias (6:00 y 18:00 horas), a partir del momento del parto. Como ayuda en la detección se utilizó un torete púber con ablación del ligamento dorsal del pene, dotado de un collar marcador. Se consideró en estro la vaca que mostrara reflejo de quietud ante el torete o alguna de sus compañeras, o que se encontrara marcada con tinta en el lomo durante una observación. Las vacas detectadas en estro fueron servidas por inseminación artificial con semen de un reproductor con prueba de alta fertilidad y las diagnosticadas preñadas por palpación rectal, 45 días postservicio salieron del lote y no se les continuó pesando, ni estimando la CC y tampoco se les recolectaron más muestras de sangre.

Recolección de muestras de sangre. Al momento de realizar cada sesión de pesaje, se recolectaron muestras de sangre en tubos al vacío por punción de la vena yugular a 25 de las vacas. Las muestras se

dejaron a temperatura ambiente durante tres horas, para luego ser centrifugadas a 1800x g durante 15 minutos y obtener el suero sanguíneo que fue conservado a -20°C, hasta la determinación de los AGNE.

Análisis de las muestras. Los niveles de AGNE se determinaron por enzimoimmunoanálisis (ELISA), en alícuotas de 50 µl de suero, utilizando un kit comercial producido por Wako Chemicals GmbH. La determinación de los cuerpos cetónicos en suero sanguíneo se realizó por medio de una prueba semicuantitativa utilizando tabletas reactivas comerciales con un límite inferior de detección de 10 mg/dl de ácido acetoacético (Acetest® reagents tablets, Bayer Corp.).

Eventos reproductivos. Se evaluaron los parámetros reproductivos presentación del primer estro postparto y servicio fértil a la inseminación artificial.

Análisis estadístico. Con los datos obtenidos se realizó una base de datos la cual fue analizada por el procedimiento del GLM (General Linear Model) del SAS (Statistical Analysis System) (Correa; Salazar y Cabrera, 2000).

Para determinar los factores que afectan el peso, la condición corporal y la concentración sérica de AGNE de las vacas en el postparto, se realizaron análisis de varianza, y se compararon los promedios mediante la prueba de rango múltiple de Duncan con un nivel de probabilidad del 5%.

Además, se realizaron algunas correlaciones para tratar de encontrar asociaciones entre las variables peso y condición corporal y entre estas dos y la concentración sérica de AGNE.

Para el análisis estadístico de las variables reproductivas se utilizó el método de estadística multivariada de análisis discriminante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso vivo. El peso corporal se analizó en función del orden del parto, del peso preparto (15 días antes del parto) y del peso al parto.

El orden del parto y el peso preparto explicaron significativamente ($P < 0,001$) las variaciones de peso de las vacas hasta los 105 días postparto con coeficientes de determinación que variaron desde 0,84 hasta 0,92. A los 120 días postparto empezó a disminuir este efecto ($P < 0,004$, $r^2 = 0,32$) alcanzando un valor no significativo ($P < 0,12$, $r^2 = 0,15$) a los 135 días postparto.

El orden del parto y el peso al parto también explicaron significativamente ($P < 0,001$) las variaciones de peso de las vacas hasta los 105 días postparto con coeficientes de determinación que variaron desde 0,89 hasta 0,95. Como en el evento anteriormente descrito, a los 120 días postparto empezó a disminuir este efecto ($P < 0,003$, $r^2 = 0,33$) alcanzando un valor no significativo ($P < 0,15$, $r^2 = 0,14$) a los 135 días postparto. Algunos autores han señalado la importancia que tiene el orden del parto (Richards; Wettemann y Schoenemann, 1989), el peso preparto y al momento del parto (Short *et al.*, 1990; Butler y Smith, 1989; Dunn y Moss, 1992; Castillo *et al.*, 1997; Wright; Rhind y White, 1992) sobre la eficiencia reproductiva de las vacas, pero no han reportado los coeficientes de determinación relacionados con estas características.

La Tabla 1 y la Figura 1 presentan los valores de peso de las vacas durante el periodo experimental y los porcentajes con respecto al peso preparto. El peso promedio preparto de las vacas fue de $399,6 \pm 47,0$ kg con un coeficiente de variación de 12,0%; al momento del parto pesaron $376,8 \pm 47,6$ kg con un coeficiente de variación de 13,0% presentándose una diferencia significativa ($P < 0,05$) de 22,8 kg entre los valores de peso preparto y al parto.

A partir del parto, las vacas empezaron a recuperar su peso hasta alcanzar un máximo de 396,4 kg a los 120 días postparto; este comportamiento de las variaciones en el peso es contrario al reportado por otros autores (Ceballos y Andaur, 1999; Cúellar, 1995; Butler y Smith, 1989), quienes afirman que después del parto se presenta una pérdida acentuada de peso en los animales. Las variables que fueron monitoreadas durante este trabajo no permitieron dar una explicación a este fenómeno; es importante adelantar nuevas investigaciones en busca de otras variables con efecto sobre el consumo y la calidad de alimento que puedan condicionar la presentación de este comportamiento.

Tabla 1. Peso corporal y porcentaje de variación con respecto al peso preparto de vacas Cebú durante 135 días postparto.

Días post-parto	Peso corporal general	Número de parto					
		Primer parto		Segundo parto		Tercero o más partos	
		Peso (kg)	%	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
-15	399,6	363,50 ^a		426,38 ^b		422,08 ^b	
0	376,8	337,94 ^a	92,94 ^d	411,87 ^b	96,64 ^e	399,08 ^c	94,44 ^{de}
15	384,0	339,31 ^a	93,44 ^d	423,50 ^b	99,37 ^e	411,15 ^c	96,83 ^{de}
30	381,7	339,94 ^a	93,56 ^d	419,63 ^b	98,36 ^e	405,69 ^c	96,09 ^{de}
45	394,5	350,81 ^a	96,74 ^d	435,13 ^b	101,99 ^e	421,23 ^c	99,15 ^{de}
60	391,0	346,00 ^a	95,54 ^d	435,37 ^b	102,19 ^e	417,08 ^c	98,07 ^{de}
75	389,8	345,44 ^a	95,53 ^d	429,37 ^b	100,64 ^e	414,85 ^c	97,99 ^{de}
90	392,0	347,12 ^a	95,87 ^d	434,37 ^b	101,98 ^e	418,92 ^c	98,44 ^{de}
105	388,2	347,00 ^a	95,69 ^d	430,00 ^b	100,82 ^e	413,85 ^c	97,35 ^{de}
120	396,4	353,38 ^a	97,55 ^d	437,63 ^b	102,63 ^d	395,08 ^{ab}	99,41 ^d
135	391,6	328,19 ^a	90,50 ^d	433,25 ^b	101,64 ^d	356,08 ^{ab}	92,13 ^d

Valores en la misma fila con diferente superíndice difieren significativamente ($P < 0,05$).

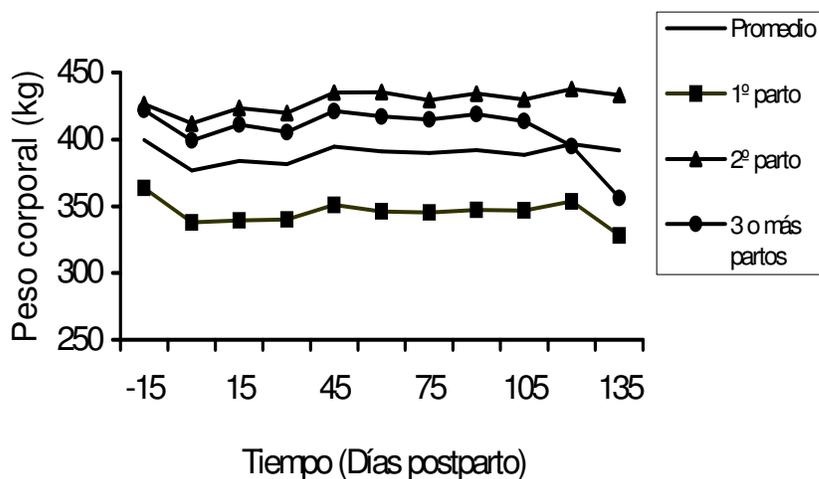


Figura 1. Cambios en el peso corporal de vacas Cebú durante 135 días postparto, según el número de parto.

Estos pesos promedios son bajos comparados con los reportados para ganado Cebú por otros autores en diferentes regiones de Colombia; Castillo *et al.*, (1997) presentaron pesos al parto entre 484 y 525 kg en Cundinamarca y Velásquez (1999b) encontró en dos hatos en el departamento de El Cesar pesos promedios al parto de 463 y 466 kg. Esta diferencia puede ser explicada principalmente por la alta proporción de hembras de primer parto ($n = 16$) en este estudio, mientras que en las dos investigaciones citadas se trabajó con hembras multíparas. Además, ambos trabajos fueron realizados con ganado Cebú Brahman puro con suplementación, indicando la presencia de animales de una mayor talla y de un mayor peso.

La diferencia de peso preparto y al momento del parto (22,8 kg) se considera baja teniendo en cuenta que el peso promedio de las crías al nacimiento fue de $32,85 \pm 2,52$ kg. Según Derivaux y Ectors (1984), el crecimiento fetal se hace de una forma más marcada en el segundo periodo de la gestación, estimándose una ganancia diaria de peso de 400 g en ganado de leche en condiciones europeas durante el curso del noveno mes; por lo tanto, más de la mitad del crecimiento fetal tiene lugar durante los dos últimos meses de gestación. Richter y Goetze (1960), citados por Schroeder (1993), afirman que al finalizar la gestación, el útero bovino llega a aumentar su tamaño 15 a 20 veces, su capacidad volumétrica 400 veces y su peso 100 veces.

En esta investigación se puede considerar que el peso fetal alcanzado en el pesaje realizado 15 días preparto, no era todavía el peso final y definitivo del feto, el cual se encontraba en el periodo de crecimiento más acelerado; además, las vacas también pudieron tener un aumento de peso considerable desde el pesaje 15 días preparto hasta el momento del parto. Ambos factores pueden explicar la baja diferencia entre los pesos promedio de las vacas 15 días antes y al momento del parto.

La prueba de comparación de promedios de Duncan permitió observar que las vacas de primer parto presentaron pesos significativamente inferiores ($P < 0,05$) a las de segundo y tres o más partos durante los primeros 105 días postparto. A partir de esta época y hasta el final del periodo experimental se mantuvo esta diferencia solamente con respecto a las vacas de segundo parto. Este comportamiento no se debió a una ganancia de peso de las vacas de primer parto, sino a la exclusión de las vacas que presentaron estro y resultaron preñadas, pertenecientes al grupo de tercero o más partos que disminuyó el promedio de peso para este grupo. Sin embargo, las vacas de primer parto también presentaron una pérdida de peso debida posiblemente al mismo factor que afectó a las de tercero o más partos que no fueron retiradas del estudio.

Las vacas primerizas parieron con un peso de 337,9 kg correspondiente al 84% del peso adulto del hato. La edad y el peso de las novillas al primer parto son un reflejo directo de la tasa de crecimiento; los animales jóvenes de los trópicos maduran hasta alcanzar un tamaño apto para la reproducción con mayor lentitud que sus equivalentes en zonas templadas. Debido a esto, el tamaño y peso de la novilla en el momento de la concepción deben ser tales que pueda tener su cría sin detrimento para ninguno de los dos (Barret y Larkin, 1979). Si las novillas se sirven demasiado temprano, tendrán retraso en su desarrollo y dificultad en el parto (Galina y Arthur, 1989a).

Mc Dowell (1975), considera que existe una correlación negativa entre la edad al primer parto y la eficiencia reproductiva durante la primera lactancia, debido a que los animales jóvenes poseen una mayor demanda de energía para culminar su crecimiento y desarrollo que las vacas viejas, las cuales ya han alcanzado su peso adulto. Según Plasse (1994), bajo condiciones extensivas, la producción de biomasa vegetal por unidad de superficie parece no ser suficiente para llenar las necesidades de las vacas lactantes y más aun si éstas son de primera lactancia, debido a las demandas que este estado fisiológico exige para mantenimiento, crecimiento, producción de leche y reproducción.

Peso vivo como porcentaje del peso preparto. Al analizar el peso corporal como porcentaje del peso preparto, se encontró un efecto significativo ($P < 0,05$) del orden del parto sobre la variación del peso a

los 15 y 60 días postparto, con coeficientes de determinación que variaron entre 0,15 y 0,21. Las variaciones de peso en el momento del parto y a partir de los 60 días postparto, no resultaron afectadas significativamente ($P > 0,05$) por el orden del parto y presentaron coeficientes de determinación bajos (r^2 entre 0,04 y 0,14). Estos resultados permiten afirmar que la variable número de parto presenta un efecto temporal (establecido a los 15 y 60 días postparto) sobre las variaciones del peso postparto.

Al momento del parto los animales presentaron 92,9%, 96,6% y 94,4% del peso 15 días antes del parto, para primero, segundo y tercer o más partos respectivamente, presentándose diferencia significativa entre las vacas de primer y segundo parto, pero no entre estos dos grupos y las de tres o más partos. A partir de este momento todas las vacas comenzaron a recuperar su peso conservando dicha diferencia estadística hasta los 105 días postparto, momento a partir del cual no se presentaron diferencias entre los tres grupos.

A los 120 días postparto todas las vacas habían recuperado el peso inicial preparto, pero a esta época, solo 7/40 (17,5%) se habían observado en estro. Al parecer el peso corporal a los 120 días no fue el factor limitante para la presentación del estro. Dentro de los factores que afectan la reproducción, el amamantamiento y la nutrición, ocupan un lugar de mayor importancia. Galina y Arthur (1989b), indican que el amamantamiento es un estímulo exteroceptivo que juega un papel importante en el gobierno de los ciclos reproductivos de las hembras de especies mamíferas dentro de las cuales se encuentra el ganado bovino de carne. Para el presente estudio el amamantamiento parece haber tenido un efecto más dramático sobre la duración del anestro postparto que la variación del peso, estando de acuerdo con lo planteado por Clapp (1937) y Wiltbank y Cook (1958), citados por Short *et al.* (1990).

Además de los efectos del amamantamiento y la nutrición sobre la reproducción, algunos autores reportan interacciones entre las mismas. Una nutrición inadecuada agrava el anestro inducido por el amamantamiento en las vacas de carne (Easdon *et al.*, 1985, citados por Butler y Smith 1989; Hansen y Hauser, 1983 y Terqui *et al.*, 1982 citados por Butler y Smith 1989). La condición corporal baja, como consecuencia de una mala nutrición, disminuye el efecto del cese del amamantamiento sobre el reinicio de la actividad luteal (Bishop; Wattermann y Spicer, 1994).

Condición corporal. La condición corporal se analizó en función del orden del parto, de la condición corporal preparto (15 días antes del parto) y de la condición corporal al parto.

El orden del parto y la condición corporal preparto explicaron significativamente ($P < 0,001$) las variaciones de condición corporal de las vacas hasta el final del periodo experimental (135 días postparto) con coeficientes de determinación que variaron desde 0,35 hasta 0,62. Así mismo, el orden del parto y la condición corporal al momento del parto también explicaron significativamente ($P < 0,002$) las variaciones de peso de las vacas hasta los 135 días postparto con coeficientes de determinación que variaron desde 0,42 hasta 0,58.

Muchos autores afirman que la condición corporal preparto es de mayor importancia para la reproducción que la condición corporal postparto, (Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards; Spitzer y Warner, 1986; Selk *et al.*, 1988; Short *et al.*, 1990; Galina y Arthur, 1990; Wright; Rhind y White, 1992; Olivera *et al.*, 1996); pero al igual que para el peso, no han reportado los coeficientes de determinación con referencia a los valores de condición corporal postparto.

La Tabla 2 y la Figura 2 presentan los valores de condición corporal de las vacas durante el periodo experimental y los porcentajes con respecto a la condición preparto. La condición corporal promedio preparto fue de $5,56 \pm 0,27$. Al momento del parto presentaron una calificación promedio de $5,24 \pm 0,30$, con diferencia significativa ($P < 0,05$) entre ellos. Posterior al parto, las vacas empezaron a recuperar sus reservas corporales aumentando la condición corporal hasta alcanzar un máximo de $5,6 \pm 0,38$ a los 120 días postparto; momento en el cual, 7/40 (17,5%) se habían observado en estro; este comportamiento de

las variaciones en la condición corporal es contrario al reportado por otros autores (Ceballos y Andaur, 1999; Cuéllar, 1995; Butler y Smith, 1989), quienes afirman que después del parto se presenta una pérdida acentuada de condición corporal en los animales.

Como se mencionó anteriormente, existe evidencia de que la condición corporal en el momento del parto tiene un efecto importante sobre la reanudación de la actividad ovárica. Para una óptima reproducción, Short *et al.* (1990), recomiendan alcanzar una condición corporal de cinco a siete antes del parto (en una escala de nueve puntos) debido a que es muy difícil y costoso corregir problemas nutricionales incrementando el consumo de alimento después del parto.

Tabla 2. Condición corporal y porcentajes de variación con respecto a la condición preparto de vacas Cebú durante 135 días postparto.

Días postparto	Condición corporal general	Número de parto					
		Primer parto		Segundo parto		Tercero o más partos	
		CC	%	CC	%	CC	%
-15	5,56	5,43 ^a		5,68 ^{ab}		5,61 ^b	
0	5,24	5,11 ^a	94,02 ^c	5,38 ^b	94,63 ^c	5,28 ^b	93,93 ^c
15	5,38	5,14 ^a	94,52 ^c	5,60 ^b	98,51 ^d	5,51 ^b	98,15 ^d
30	5,30	5,09 ^a	93,70 ^c	5,52 ^b	97,11 ^c	5,37 ^b	95,65 ^c
45	5,57	5,34 ^a	98,23 ^c	5,80 ^b	101,98 ^c	5,68 ^b	101,31 ^c
60	5,51	5,26 ^a	96,64 ^c	5,79 ^b	101,81 ^d	5,61 ^b	100,01 ^{cd}
75	5,46	5,23 ^a	96,17 ^c	5,68 ^b	99,89 ^c	5,59 ^b	99,67 ^c
90	5,52	5,25 ^a	96,71 ^c	5,80 ^b	102,12 ^c	5,65 ^b	100,69 ^c
105	5,45	5,20 ^a	96,06 ^c	5,71 ^b	100,35 ^c	5,55 ^b	99,34 ^c
120	5,60	5,34 ^a	98,96 ^c	5,88 ^b	103,41 ^c	5,71 ^b	102,24 ^c
135	5,52	5,28 ^a	97,17 ^c	5,79 ^b	101,84 ^c	5,63 ^b	100,63 ^c

C.C.: Condición corporal

Valores en la misma fila con diferente superíndice difieren ($P < 0,05$).

En este trabajo de investigación las vacas llegaron al parto con una condición corporal en el límite inferior del rango recomendado por Short *et al.* (1990), y esto puede explicar parcialmente la baja respuesta reproductiva en la expresión del estro de las vacas.

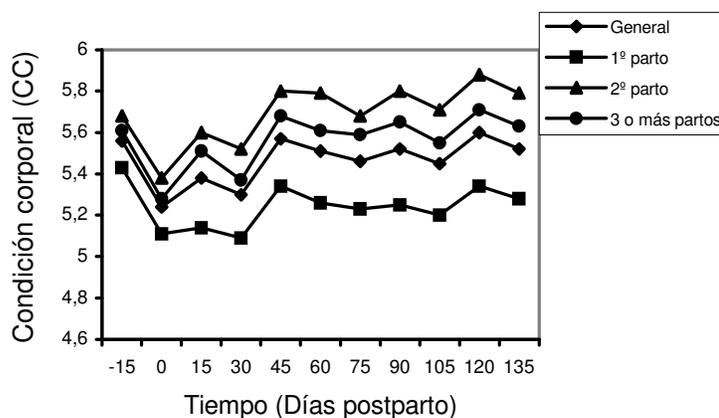


Figura 2. Cambios en la condición corporal en vacas Cebú durante 135 días postparto, general y por número de parto.

La prueba de comparación de promedios de Duncan permitió observar que a partir del parto las vacas de primer parto presentaron calificaciones de condición corporal significativamente inferiores ($P < 0,05$) a las de segundo y tres o más partos durante el periodo experimental (Véase Tabla 2 y Figura 3). Short y Adams (1988), proponen un orden aproximado de prioridad para la partición de los nutrientes, en el cual el crecimiento del animal aparece primero que la acumulación de tejidos de reservas básicas de energía. Para estos autores, los animales jóvenes (primer parto) aun no han alcanzado un desarrollo físico definitivo y por lo tanto continúan en crecimiento, direccionando una mayor proporción de los nutrientes consumidos hacia este proceso y una menor proporción a la acumulación de reservas.

Condición corporal como porcentaje de la condición corporal preparto. El análisis de la condición corporal de las vacas como porcentaje de la condición corporal preparto, no reveló efectos significativos ($P > 0,05$; r^2 entre 0,006 hasta 0,17), indicando que la variable número de parto no presenta efecto sobre las variaciones de condición corporal en el postparto.

El porcentaje de la condición corporal preparto presentado por los animales al momento del parto fue de 94,02%, 94,63% y 93,93%, para primero, segundo y tercero o más partos respectivamente. A los 15 días postparto todas las vacas habían comenzado a recuperar su condición corporal, observando una recuperación más lenta en los animales de primer parto ($P < 0,05$), probablemente debido a la partición de los nutrientes (Short y Adams, 1988) que presentan de acuerdo a su estado fisiológico.

A los 45 días postparto las vacas de segundo y tercero o más partos habían recuperado la condición corporal preparto, pero a esta época, solo 1/40 (2,5%) había presentado comportamiento estral. A los 120 días postparto todas las vacas habían recuperado la condición inicial preparto, y solo 7/40 (17,5%) se habían observado en estro. Al igual que con el peso corporal, parece ser que la condición corporal a los 45 y los 120 días no fue un limitante para la presentación del estro en este hato.

Ácidos grasos no esterificados. En la Tabla 3 y la Figura 3, se presentan los valores de concentración sérica de AGNE de las vacas desde 15 días antes del parto hasta 75 días postparto. La concentración promedio preparto fue de $0,259 \pm 0,06$ meq l^{-1} . Al momento del parto presentó una concentración de $0,256 \pm 0,10$ meq l^{-1} . Posterior al parto, las vacas empezaron a recuperar sus reservas corporales, disminuyendo aparentemente la concentración sérica de AGNE a un valor de $0,194 \pm 0,07$ meq l^{-1} , para aumentar nuevamente hasta $0,426 \pm 0,11$ meq l^{-1} , siendo este un valor atípicamente alto y puede explicarse por otros factores que afectan el consumo de alimento, no controlados en este estudio, tales como la rotación de potreros, la disponibilidad de forraje y la composición botánica de la pradera. Los valores de concentración sérica de AGNE en el presente estudio se encuentran dentro de los valores reportados en la literatura por otros autores (Staples; Thatcher y Clark, 1990).

Tabla 3. Concentraciones séricas de ácidos grasos no esterificados de vacas Cebú durante 75 días postparto.

Días postparto	Concentración general de AGNE (meqL ⁻¹)	Número de parto		
		Primer parto	Segundo parto	Tercer o más partos
-15	0,259	0,272 ^a	0,221 ^a	0,282 ^a
0	0,256	0,294 ^a	0,243 ^a	0,241 ^a
15	0,194	0,193 ^a	0,212 ^a	0,185 ^a
30	0,426	0,390 ^a	0,434 ^a	0,447 ^a
45	0,228	0,182 ^a	0,252 ^a	0,247 ^a
60	0,203	0,165 ^a	0,189 ^{ab}	0,238 ^b
75	0,275	0,215 ^a	0,290 ^a	0,304 ^a

AGNE: Ácidos grasos no esterificados. Valores en la misma fila con diferente superíndice difieren ($P < 0,05$).

El análisis de varianza no mostró efecto estadísticamente significativo ($P > 0,05$) del número de parto, sobre los valores sanguíneos de ácidos grasos hasta los 75 días postparto, momento hasta el cual se hicieron las dosificaciones, presentando coeficientes de determinación que variaron desde 0,02 hasta 0,23.

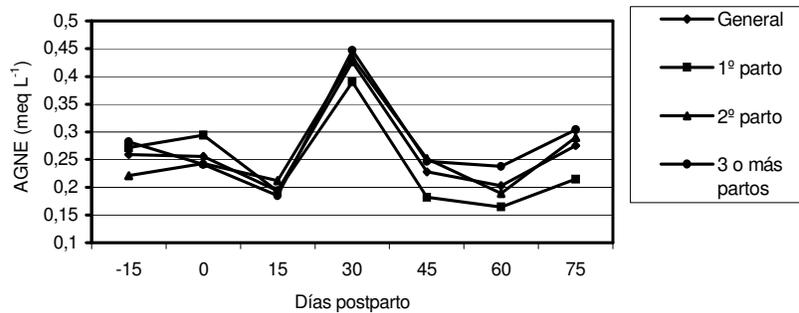


Figura 3. Cambios en la concentración sérica de AGNE en vacas Cebú durante 75 días postparto, general y por número de parto.

Asociaciones entre peso vivo, condición corporal y dosificaciones de AGNE. El análisis de correlación mostró que el peso vivo postparto estuvo positivamente correlacionado ($P < 0,003$; r desde 0,45 hasta 0,82) con la condición corporal postparto expresados ambos como porcentaje de los valores preparto, acorde con lo planteado por otros autores (Cúellar, 1995; Castillo *et al.*, 1997 y Velásquez, 1999a).

Se encontraron correlaciones negativas entre los AGNE en suero sanguíneo y la condición corporal expresada como porcentaje de la condición corporal preparto alcanzando valores significativos ($P < 0,01$; $r = -0,50$) únicamente a los 15 días postparto. Los AGNE también estuvieron correlacionados negativamente con el peso corporal expresado como porcentaje del peso preparto, alcanzando valores significativos, al momento del parto ($P < 0,008$; $r = -0,55$), a los 60 y a los 75 días postparto ($P < 0,0001$; $r = -0,98$)

Análisis discriminante de las características reproductivas. Para la presentación o ausencia del estro, las variables independientes utilizadas fueron el número de parto y el porcentaje del peso y de la condición corporal al momento del parto y a los 135 días postparto con respecto al peso y condición corporal preparto. Se encontró que el modelo fue estadísticamente significativo ($P < 0,02$), indicando diferencias estadísticas entre estas variables para los dos grupos, presentación versus ausencia de estro. Las funciones usadas para clasificar las observaciones fueron:

Para presentación de estro (Grupo 1).

$$-664,01 + 5,22*CC1 + 0,35*CC2 - 9,32*Parto + 5,21*PP1 + 3,51*PP2$$

Para ausencia de estro (Grupo 0).

$$-685,91 + 5,32*CC1 + 0,18*CC2 - 11,59*Parto + 5,32*PP1 + 3,75*PP2$$

Siendo:

CC1: Condición corporal al momento del parto como porcentaje del valor preparto.

CC2: Condición corporal a los 135 días postparto como porcentaje del valor preparto.

Parto: Número de parto.

PP1: Peso corporal al momento del parto como porcentaje del valor preparto.

PP2: Peso corporal a los 135 días postparto como porcentaje del valor preparto.

Con la utilización de estas dos funciones, se obtuvo un porcentaje de casos o animales correctamente clasificados de 81,58%, distribuidos conforme a la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de vacas Cebú correctamente clasificadas para presentación o ausencia de estro según análisis discriminante.

Grupo actual	n.	Grupo asignado	
		Estro	Anestro
Estro	32	25(78,13%)	7(21,88)
Anestro	6	0 (0,00%)	6(100%)

Las variables utilizadas en la realización de este análisis discriminante han sido reportadas por varios autores (Short *et al.*, 1990; Butler y Smith 1989; Dunn y Moss 1992; Castillo *et al.*, 1997; Wright; Rhind y White, 1992;) como las variables que tienen mayores efectos sobre la reproducción. En general estos autores consideran que los niveles nutricionales tienen un impacto mayor en el anestro y la infertilidad potencial y que el retraso en el inicio de la ciclicidad reproductiva postparto está asociado con la pérdida de peso y condición corporal. Adicionalmente, Richards; Wettemann y Schoenemann, (1989), consideran que la edad de los animales puede influenciar la ganancia de peso requerida antes de que el anestro nutricional cese. Menos reservas corporales de energía pueden ser requeridas para la reasunción de los ciclos estrales en vacas maduras comparadas con novillas.

Para el servicio fértil o infértil, también se utilizó análisis discriminante donde las variables independientes utilizadas fueron el peso y la condición corporal más cercanos al momento del servicio. Se encontró que el modelo fue estadísticamente significativo ($P < 0,03$) para los dos grupos, servicio fértil versus infértil y las funciones usadas para clasificar las observaciones fueron:

Para servicio fértil (Grupo 1).
 $-466,69 + 74,78*CC + 1,36*Peso$

Para servicio infértil (Grupo 0).
 $-569,77 + 78,98*CC + 1,55*PC$

Siendo:

CC: Condición corporal más cercana al momento del servicio.

PC: Peso corporal más cercano al momento del servicio.

Con el uso de estas dos funciones, se obtuvo un porcentaje de casos o animales correctamente clasificados de 100%, distribuidos conforme a la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de vacas Cebú correctamente clasificadas para presentación o ausencia de estro según análisis discriminante.

Grupo actual	n.	Grupo asignado	
		Fértil	Infértil
Fértil	3	3(100%)	0(0,00%)
Infértil	4	0 (0,00%)	4(100%)

Galina y Arthur (1990), afirman que la condición corporal del animal al momento de la inseminación o monta natural afecta la tasa de concepción. Además, Meaker (1975), citado por Galina y Arthur (1990), encontró en vacas Africander de Sudáfrica una correlación positiva entre el peso corporal y la tasa de concepción.

CONCLUSIONES

Se pudo determinar que los factores que influenciaron los cambios de peso de las vacas durante el postparto fueron: el número de parto, el peso corporal 15 días antes del parto y el peso corporal al momento del parto, alcanzando coeficientes de determinación de 0,84 ($P < 0,001$) a 0,94 ($P < 0,001$) hasta los 105 días postparto. A los 120 días empezó a desaparecer este efecto ($P < 0,004$, $r^2 = 0,32$) alcanzando un valor no significativo ($P < 0,12$, $r^2 = 0,15$) a los 135 días postparto.

Cuando se analizaron estos mismos valores de peso como porcentaje del peso inicial, el número de parto explicó en menor proporción las variaciones del peso corporal, alcanzando valores de coeficientes de determinación en el rango de 0,04 ($P < 0,48$) a 0,21 ($P < 0,01$), encontrándose efecto significativo ($P < 0,05$) del orden del parto sobre la variación del peso únicamente a los 15 y 60 días postparto, con coeficientes de determinación que variaron entre 0,15 y 0,21.

Como era de esperarse, el número de parto, la condición corporal 15 días antes del parto y la condición corporal al momento del parto también presentaron efecto sobre los cambios en la condición corporal postparto de las vacas. Los coeficientes de determinación variaron entre 0,34 ($P < 0,001$) y 0,62 ($P < 0,001$). El análisis de la condición corporal de las vacas como porcentaje de variación con relación a la condición corporal preparto no reveló efectos significativos del número de parto.

Los resultados arrojados por el análisis de varianza señalan que no existió efecto estadísticamente significativo ($P > 0,05$) del número de parto, sobre los valores sanguíneos de AGNE hasta los 75 días postparto, presentando coeficientes de determinación que variaron desde 0,02 hasta 0,23. Además, los AGNE no fueron un indicador claro y contundente de la movilización de reservas corporales representada en las variaciones de peso y de condición corporal, como ha sido reportado por otros autores en otros estudios (Ceballos y Andaur, 1999; Villa, 1999).

El análisis discriminante fundamentado en el peso y condición corporal de las vacas antes del parto y al momento del parto, permitió determinar diferencias estadísticas entre las vacas que presentaron estro y servicio fértil y aquellas que no lo presentaron, creando la posibilidad de predecir el potencial reproductivo futuro de las vacas.

A pesar de una adecuada condición corporal al momento del parto y de una recuperación rápida de las vacas durante el postparto, se presentó un bajo porcentaje de actividad éstrica, advirtiendo posiblemente un efecto negativo de otros factores sobre la actividad reproductiva postparto de las vacas

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (DIME) y a la Hacienda Cuba por la cofinanciación de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

BARRETT, M. A. y LARKIN, P. J. Producción lechera y de carne de res en los trópicos. México: Diana, 1979. 301 p.

BISHOP, D. K.; WATTEMANN, R. P. and SPICER, L. J. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 72 (1994); p. 2703-2708.

BUTLER, W. R. and SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *En: Journal of Dairy Science*. Vol. 72 (1989); p. 767-783.

CASTILLO, J. H. *et al.* Reactivación ovárica posparto en vacas Cebú con relación al peso y condición corporal. *En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 10, No 1 (1997); p. 12-18.

CEBALLOS M., A. y ANDAUR R., M. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en ganado lechero. *En: SEMINARIO INTERNACIONAL EN REPRODUCCIÓN Y METABOLISMO DE LA VACA LECHERA*. (1999: Manizales). Manizales: Universidad de Caldas, 1999, p. 17-44.

CLAPP, H. A factor in breeding efficiency of dairy cattle. *En: THE AMERICAN SOCIETY FOR ANIMAL PRODUCTION* (1937). *Proceedings of The American Society for Animal Production* p. 259. Citado por SHORT, R.E. *et al.* Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 68 (1990).

CORREA M., J. C.; SALAZAR U., J. C. y CABRERA T., K. R. *Introducción al SAS bajo Windows*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 104 p.

CUELLAR, A. E. *Relación entre la nutrición y la función reproductiva en vacas y cerdas*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1995. 185 p.

DERIVAUX, J. y ECTORS, F. *Fisiopatología de la gestación y obstetricia veterinaria*. España: Acribia, 1984. 277 p.

DUNN, T. G. and KALTENBACH, C. C. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 51 Supplement 2 (1980); p. 29.

_____ and MOSS, G. E. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 70 (1992); p. 1580-1593.

EASDON, M. P. *et al.* The effect of undernutrition of beef cows on blood hormone and metabolite concentrations *postpartum*. *En: Reproduction and Nutrition Development*. Vol. 25 (1985); p. 113. Citados por BUTLER, W. R. and SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *En: Journal of Dairy Science*. Vol. 72 (1989).

ESPINAL, T. L. *Zonas de vida: formaciones vegetales del departamento de Antioquia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1977. 135 p.

GALINA, C. S. and ARTHUR, G. H. Reproduction of cattle in the tropics. Part 1. Puberty and age at first calving. *En: Animal Breeding Abstracts*. Vol. 57, No. 7 (1989a); p. 583-590.

_____ and _____. Reproduction of cattle in the tropics. Part 3. Puerperium. *En: Animal Breeding Abstracts*. Vol. 57, No. 11 (1989b); p. 899-910.

_____ and _____. Reproduction of cattle in the tropics. Part 5. Fertilization and pregnancy. *En: Animal Breeding Abstracts*. Vol. 58, No. (1990); p. 583-590.

HANSEN, P. J. and HAUSER, E. R. Genotype x environmental interactions on reproductive traits of bovine females. III. Seasonal variation on postpartum reproduction as influenced by genotype, suckling and dietary regimen. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 56 (1983); p.13-62. Citados por BUTLER, W. R. and SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *En: Journal of Dairy Science*. Vol. 72 (1989).

MCDOWELL, R. E. Bases biológicas de la reproducción animal en zonas tropicales. Madrid: Acribia, 1975. 692 p.

MEAKER, H. J. Relationship between body mass and conception in beef cows. *En: South African Journal of Animal Science*. Vol. 5 (1975); p. 4. Citado por GALINA, C.S. and ARTHUR, G.H. Reproduction of cattle in the tropics. Part 5. Fertilization and pregnancy. *En: Animal Breeding Abstracts*. Vol. 58, No. 9 (1990).

OLIVERA A., M. *et al.* Días abiertos en vacas *Brahman* y su relación con peso y condición corporal. *En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 9 (Suplemento) (1996); p. 66-67.

PLASSE, D. Factores que influyen en la eficiencia reproductiva de bovinos de carne en América Latina tropical y estrategias para mejorarla. *En: SEMINARIO INTERNACIONAL DE MANEJO DE LA REPRODUCCIÓN BOVINA* (1994: Cartagena). Cartagena: CIPEC, 1994. p. 82-120.

RICHARDS, M. W.; SPITZER, J. C. and WARNER, M. B. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 62 (1986); p. 300.

RICHARDS, M. W.; WETTEMANN, R. P. and SCHOENEMANN, H. M. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 67 (1989); p. 1520-1526.

RITCHER, J. and GOETZE, R. Tiergebutshilfe. Berlin: Pal Parey, 1960. p. 58-117. Citados por SCHROEDER W., H. Tratado de obstetricia veterinaria comparada. 5ed. Santafé de Bogotá: Presencia, 1993.

SCHROEDER W., H. Tratado de obstetricia veterinaria comparada. 5ed. Santafé de Bogotá: Presencia, 1993. 453 p.

SELK, G. E. *et al.* Relationships among body weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 66 (1988); p. 31-53.

SHORT, R. E. *et al.* Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 68 (1990); p. 799-816.

SHORT, R.E. and ADAMS, D. C. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *En: Canadian Journal of Animal Science*. Vol. 68 (1988); p. 29-42.

STAPLES, C. R.; THATCHER, W.W. and CLARK, J. H. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *En: Journal of Dairy Science*. Vol. 73 (1990); p. 938-947.

TERQUI, M. *et al.* Influence of management and nutrition on postpartum endocrine function and ovarian activity in cows. *En: KARG, H. and Schallenberg E., eds. En: Current Topics of Veterinarian Medicine Animal Science. Vol. 20 (1982); p. 384. Citados por BUTLER, W. R. and SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. En: Journal of Dairy Science. Vol. 72 (1989).*

VELÁSQUEZ, J. C. Evaluación de la condición corporal en ganado de carne. *En: El Cebú. No. 306 (1999a); p. 18-24.*

_____, Relación del peso corporal y la productividad en vacas Brahman. *En: El Cebú. No. 307 (1999b); p. 26-34.*

WILTBANK, J. N. and COOK, A. C. The comparative reproductive performance of nursed cows and milked cows. *En: Journal of Animal Science. Vol. 31 (1958); p. 755. Citados por SHORT, R. E. et al. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. En: Journal of Animal Science. Vol. 68 (1990).*

WRIGHT, I. A.; RHIND, S. M. and WHITE, T. K. A note on the note of pattern of food intake and body condition and the duration of the post-partum anoestrous period and LH profiles in beef cows. *En: Animal Production. Vol. 54 (1992); p. 143-146.*