

## EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN UN HATO DE VACAS JERSEY EN PASTOREO EN LA ZONA ALTA DE CARTAGO. VARIACIONES DURANTE EL CICLO PRODUCTIVO

Alejandro Saborío-Montero<sup>1\*</sup>, Jorge Ml. Sánchez\*

**Palabras clave:** Calificación de condición corporal, vacas lecheras en pastoreo, movilización de reservas de energía.

**Keywords:** Body condition score, grazing dairy cows, energy reserves mobilization.

**Recibido:** 23/08/13

**Aceptado:** 28/11/13

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio observacional de la condición corporal (CCC) en un hato comercial Jersey en pastoreo en Cartago, Costa Rica (9°55' N, 83°51' W, 2350 msnm). El estudio comprendió 5864 registros de CCC de 122 vacas (29 primíparas y 93 multíparas) durante un período de 18 meses. Las vacas fueron calificadas semanalmente por la misma persona, desde la semana 9 preparto hasta la semana 43 después del parto. Se utilizó la escala de 1 a 5 puntos (1=demacrada, 5=obesa). Las prácticas de alimentación de los animales se basaron en el pastoreo intensivo de kikuyu (*Kikuyuocloa clandestina*) de 30 d de rebrote y la suplementación con concentrado balanceado de acuerdo con la etapa fisiológica. La CCC de vacas primíparas y multíparas al parto fue 4,01 puntos (IC al 95%: 3,80 a 4,22 puntos) y 3,83 puntos (IC al 95%: 3,71 a 3,94 puntos) respectivamente, el nadir de CCC después del parto difirió ( $p<0,05$ ) entre vacas primíparas (3,10 puntos; IC al 95%: 2,97 a 3,23 puntos) y multíparas (2,86 puntos; IC al 95%: 2,76 a 2,96 puntos). Al estratificar CCC al parto en valores  $\leq 3,25$ ,  $3,50$  a  $4,00$  y  $\geq 4,25$  puntos, se encontraron diferencias

### ABSTRACT

**Body condition assessment in a grazing Jersey cows herd in the highlands of Cartago. Variations during the productive cycle.** The aim of this research was to carry out a body condition score (BCS) observational study in a commercial grazing Jersey herd in Cartago, Costa Rica (9°55' N, 83°51' W, 2350 m of altitude). The study comprised 5864 BCS records from 122 cows (29 primiparous and 93 multiparous) over an 18 months period. Cows were scored weekly by the same person, from 9<sup>th</sup> week prepartum to 43<sup>th</sup> week postpartum. The 1 to 5 points scale was used (1=emaciated, 5=obese). Animal feeding practices were based on intensive grazing of 30 d regrowth kikuyu (*Kikuyuocloa clandestina*) and supplementation of a balanced concentrate according to physiological stage. Primiparous and multiparous cows BCS at calving was 4.01 points (95% CI: 3.80-4.22 points) and 3.83 points (95% CI: 3.71-3.94 points) respectively, BCS nadir after calving differed ( $p<0.05$ ) between primiparous (3.10 points; 95% CI: 2.97-3.23 points) and multiparous cows (2.86 points; 95% CI: 2.76-2.96 points). When stratifying BCS

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: alejandro.saboriomontero@ucr.ac.cr

\* Centro de investigaciones en Nutrición Animal y Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

( $p < 0,01$ ) entre valores extremos de nadir y cambio de CCC dentro de los grupos de vacas primíparas o multíparas. Los animales que parieron con mayor CCC perdieron más CCC posparto, pero se mantuvieron en una mayor CCC en el nadir y toda la lactancia. Los resultados sugieren que la CCC al parto podría ser utilizada como un indicador parcial del nadir de CCC y el cambio en CCC entre el parto y el nadir, lo cual tiene importantes implicaciones sobre la producción y la fertilidad de las vacas.

at calving into values  $\leq 3.25$ , 3.50 to 4.00 and  $\geq 4.25$  points, differences ( $p < 0.01$ ) were found in nadir and BCS change extreme values within primiparous or multiparous groups of cows. Animals that calved with higher BCS lost more BCS post calving, but remained at a greater BCS at nadir and the whole lactation. Results suggest that BCS at calving could be used as a partial indicator of BCS nadir and BCS change from calving to nadir, which has important implications on production and fertility of cows.

## INTRODUCCIÓN

La calificación de condición corporal (CCC) en ganado lechero es una medición subjetiva visual y táctil de la cantidad de grasa subcutánea que posee una vaca (Edmonson et ál. 1989, Ferguson et ál. 1994, Wildman et ál. 1982). Ésta se realiza mediante observación y al palpar puntos anatómicos estratégicos del animal y asignándole un valor determinado en función de las características observadas. La metodología descrita por Wildman et ál. (1982) para calificar a la vaca utiliza una escala de 1 a 5 puntos, con incrementos de 0,25 puntos, donde 1 es una vaca famélica y 5 es una obesa. Esta evaluación es una herramienta muy útil para inferir sobre el balance energético en que se encuentra el animal y así orientar las prácticas de alimentación.

El manejo óptimo de las reservas de energía es crítica para el éxito económico de los hatos lecheros. Cuando las vacas tienen una CCC extrema, ya sea alta o baja ( $< 3,00$  o  $> 4,00$ ) al momento del parto, están en riesgo de sufrir desórdenes metabólicos y enfermedades infecciosas, ya que presentan partos distócicos y posteriormente bajas tasas de concepción (Ferguson y Otto 1989). Así el sobre acondicionamiento es costoso ya que puede causar problemas al parto y menor

consumo de materia seca (MS) durante el inicio de la lactancia y luego desbalances metabólicos como la cetosis. Por el contrario, las vacas flacas podrían carecer de reservas para la producción de leche y frecuentemente no se preñan en el período técnicamente deseado (NRC 2001, Rastani et ál. 2001, Waltner et ál. 1994).

La disminución en el consumo de MS durante las semanas previas al parto ha sido reportada en la literatura (Grummer 1995, Hayirli et ál. 2002, French 2006, Marquardt et ál. 1977), lo mismo que un incremento en los requerimientos energéticos durante el inicio de la lactancia (NRC 2001, Van Saun 1991). Estos cambios en el período de transición provocan un balance energético negativo que conlleva a una pérdida de condición corporal (CCC) en la vaca. Durante el primer mes de lactación aproximadamente el 33% de la producción de leche proviene de las reservas corporales del animal (Bauman y Currie 1980), las cuales se acumularon en el cuerpo como tejido adiposo en momentos en que el balance energético fue positivo.

Según Roche et ál. (2009) las vacas pierden CCC durante el período entre el parto y los 50 a 100 días de lactancia debido a cambios homeorréticos que ocurren en el eje somatotrópico por

sensibilidad del tejido periférico a la insulina y a la regulación de las vías lipolíticas en el tejido adiposo, lo que conlleva a la movilización de las reservas de energía.

Estudios previos con animales en confinamiento (Domecq et ál. 1997) han encontrado que los patrones de pérdida de CCC durante el inicio de la lactancia fueron similares para vacas multíparas y primíparas, sin embargo, la pérdida en CCC fue menor en las vacas primíparas que en las multíparas.

En un estudio realizado por Roche et ál. (2007a) se observó que las vacas primíparas parieron con mayor condición que las vacas multíparas, pero las primíparas no ganaron CCC después del nadir tan efectivamente como las multíparas. Estos mismos autores encontraron que el grado de pérdida de la condición posparto y el punto más bajo de CCC se correlacionan positivamente con la CCC al parto. Donde las vacas con más peso al parto perdieron más condición posparto, pero mantuvieron una condición mayor en el nadir.

En sistemas de pastoreo en ambientes tropicales, existe poca información sobre el comportamiento de la CCC durante la lactancia, así como sus implicaciones sobre variables biológicas de interés para el productor de ganado lechero. El conocimiento de la evolución de la curva de CCC es fundamental en la implementación de prácticas de manejo y alimentación que permitan la mejora continua tendiente a la productividad del hato de ganado lechero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio, se evaluaron 122 vacas Jersey de una finca comercial ubicada en Santa Rosa de Oreamuno, Cartago (9°55' N, 83°51' O, 2350 msnm). La CCC se realizó durante el período seco y toda la lactancia, iniciándose el 3 de setiembre de 2010 y finalizó al término de la lactancia de la última vaca que se evaluó para estudio, el 27 de febrero de 2012.

La evaluación se realizó desde las 9 semanas previas al parto, hasta la semana 43

posparto. Para la CCC se utilizó la metodología descrita por Ferguson et ál. (1994).

La finca cuenta con un sistema de pastoreo rotacional con 12 h de ocupación y 36 días de recuperación. El pasto predominante es kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) (21,5% PC, 60,5% FDN, 1,3 Mcal de  $EN_L$ /kg (3X) y 0,35% Ca, de la MS) con pequeñas áreas de ryegrass (*Lolium perenne*). La suplementación del hato de vacas próximas al parto consistió en el suministro de 3,5 kg por día de un alimento balanceado. (16% PC, 18% FDN, 1,6 Mcal de  $EN_L$ /kg (1X), 35% de almidón, 0,25% Ca). Las vacas en lactación fueron suplementadas con un alimento balanceado (20% PC, 19% FDN, 1,9 Mcal  $EN_L$ /kg, 48% almidón, 1% Ca) que se suministró en relación con el nivel de producción (1 kg de alimento por 2 a 3 litros de leche) y etapa de lactancia, con un máximo de 12 kg por vaca por día. Además se utilizó en promedio 1 kg de heno por vaca por día. Los animales contaron con agua a libre voluntad en los potreros y en los corrales de alimentación.

Se utilizaron 29 animales de primer parto y 93 animales de 2 o más partos. La CCC al parto osciló entre 2,00 y 5,00 puntos, 15 animales fueron calificados con una CCC al parto menor o igual a 3,25 puntos, 76 entre 3,5 y 4,0 puntos, 23 mayor o igual a 4,25 puntos y 8 no se calificaron al parto por pérdida de arete de identificación.

El número de animales evaluados por semana fluctuó entre 98 y 114, al término del estudio se realizaron 5864 evaluaciones (Figura 1). Las diferencias en el número de animales calificados por semana del ciclo productivo se debieron a variaciones en el número de animales en el hato con identificación legible al momento de la evaluación o por venta y mortalidad de los mismos.

El análisis de la información se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20 y se aplicó la prueba t de Student para establecer diferencias entre medias de variables continuas de 2 grupos. Cuando las variables continuas fueron 3 o más se hicieron análisis de varianza (ANOVA) independientes, posteriormente se aplicó la prueba de Tukey para establecer diferencias entre

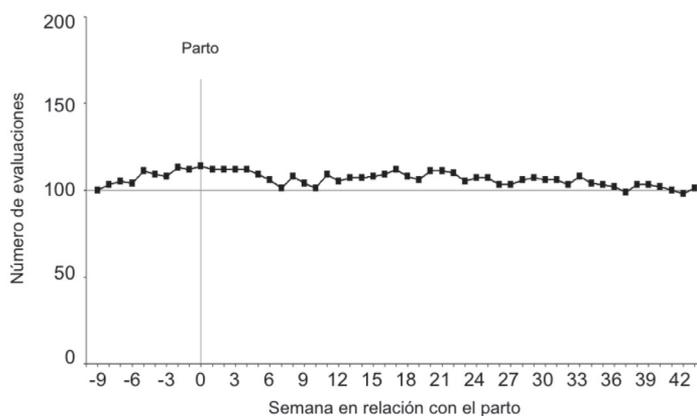


Fig. 1. Número de vacas Jersey en pastoreo evaluadas por semana durante la investigación.

medias. Las variables continuas fueron correlacionadas y se realizaron pruebas de chi cuadrado entre variables categóricas. Las figuras en que se presenta información relativa al parto, muestran el intervalo de confianza (IC) al 95% como medida de variación. La significancia estadística fue declarada cuando  $p < 0,05$ , IC 95%.

Debe destacarse que tanto la variable en estudio como la población evaluada fueron dinámicas, debido a que la CCC de cada animal cambió durante el estudio y los mismos podían estar en cualquier fase del ciclo productivo, en un momento dado. La curva fue generada hasta finalizar la evaluación de todo el ciclo productivo del último animal ingresado en el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evolución de la curva de condición corporal

El comportamiento de la curva de CCC ha sido descrito previamente por otros autores (Banos et ál. 2004, Domecq et ál. 1997, Roche et ál. 2009), e inclusive se han determinado las variaciones en CCC de hatos en pastoreo en función de la carga animal (Coleman et ál. 2010, McCarthy et ál. 2012). Sin embargo, en sistemas pastoriles tropicales la información publicada es muy escasa. En la Figura 2 se

presenta el comportamiento de la CCC de los animales en el hato estudiado desde el inicio del período seco (semana -9) hasta el final de la lactancia (semana 43).

La curva generada en esta investigación presenta un patrón similar al encontrado por diferentes autores (Banos et ál. 2004, Coleman et ál. 2010, Domecq et ál. 1997), en ésta se puede observar que el cambio semanal en la CCC tuvo una caída significativa entre el parto y la semana séptima de lactación; período durante el cual la vaca está en un balance energético negativo originado por la alta demanda de energía para sustentar la producción de leche y por el bajo consumo de MS que se da al inicio de la lactancia (NRC 2001). Una pérdida de CCC de un punto para una vaca de 450 kg al momento del parto (CCC=4,00) proveerá la energía suficiente para producir 391 kg de leche corregida al 4% de grasa (NRC 2001). La diferencia entre la energía requerida y la consumida al inicio de la lactancia podría ser mayor en los hatos de ganado lechero que pastorean forrajes C4, los cuales tienen menos energía digestible que los C3 (Sánchez 2007). Además, los pastos tropicales contienen más fibra (Sánchez 2007), lo cual podría comprometer el consumo voluntario de MS (Zebeli et ál. 2008) y por lo tanto el consumo de energía. Sin embargo, debe considerarse que las vacas que consumen forrajes

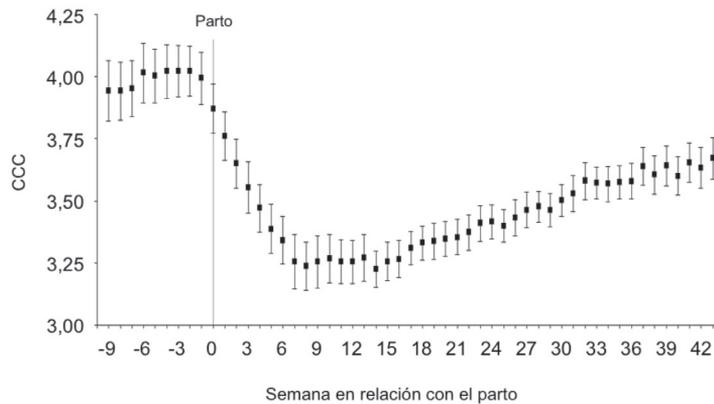


Fig. 2. Comportamiento de la calificación de la condición corporal desde el inicio del período seco hasta el final de la lactancia, en un hato de vacas Jersey en pastoreo (IC de 95%).

C3 por lo general producen más leche, lo cual implica mayores necesidades de energía y por lo tanto más movilización de reservas corporales.

### Condición corporal en vacas primíparas y multíparas

Debido a que existen diferencias inherentes en el ciclo productivo entre vacas primíparas y multíparas, donde la movilización de reservas corporales está relacionada con la producción láctea y el flujo de energía utilizado por las vacas

primíparas para crecimiento (Gallo et ál. 1996, Pedron et ál. 1993), se separó la información según el número de parto. En la Figura 3 se observan diferencias en la CCC promedio entre las vacas primíparas y multíparas durante las 9 semanas previas al parto, donde las vacas primíparas presentaron mayor CCC. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $p=0,123$ ) en los valores de CCC entre las vacas primíparas (4,01) y multíparas (3,83) en la semana del parto. Lo cual se debe a que las primíparas perdieron

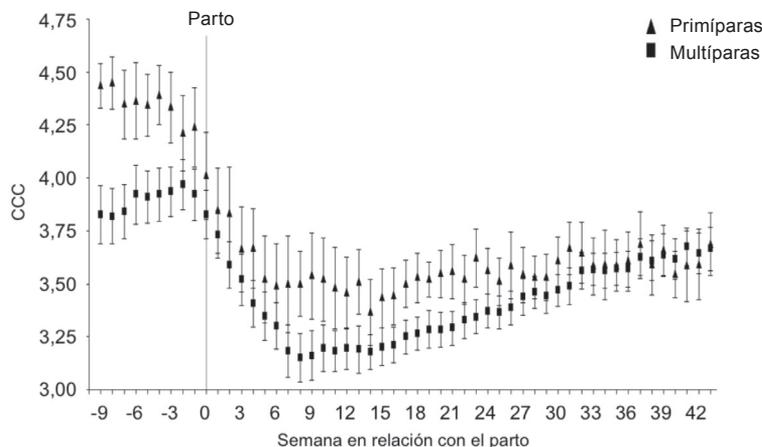


Fig. 3. Calificación semanal de la condición corporal en relación con la semana del parto de vacas Jersey primíparas (▲) y multíparas (■), en pastoreo durante un ciclo productivo.

condición durante su período de vaca próxima, mientras que las multíparas ganaron condición durante la mayor parte del período de vaca seca y próxima al parto. Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos por Roche et ál. (2007a).

Los valores de CCC al parto obtenidos son mayores a los reportados en otros estudios (Domecq et ál. 1997 (2,66), Roche et ál. 2007b (2,85)), sin embargo estos autores utilizaron vacas de la raza Holstein en sus investigaciones. Además, las prácticas de alimentación preparto, así como otras condiciones ambientales difirieron en los hatos objeto de estudio.

A partir de la primera semana de lactancia la CCC de ambos grupos disminuyó. Lo cual se debe al aumento de los requerimientos de energía propios del inicio de la lactancia (NRC 2001). Domecq et ál. (1997) en su estudio en animales estabulados también encontraron un patrón de pérdida de CCC similar entre vacas primíparas y multíparas.

Los puntos más bajos de condición corporal se dieron en promedio a las 14 y 8 semanas posparto para vacas primíparas y multíparas, respectivamente. Domecq et ál. (1997) reportaron el nadir de la CCC a las semanas 4 y 8 en el mismo orden. Esta diferencia en las semanas requeridas para alcanzar el nadir de CCC podría deberse en parte a que las vacas de este estudio parieron con una CCC mayor que las vacas de la investigación mencionada y por lo tanto tuvieron mayor cantidad de reservas corporales, que sirvieron como fuente de energía durante un período más prolongado en las primíparas. Además, el promedio de producción al pico de lactación en el hato estudiado fue de 29 kg por animal por día, mientras que en el estudiado por Domecq et ál. (1997) fue alrededor de 40 kg, lo que probablemente involucra una movilización de reservas corporales más acelerada, en el último estudio, para mantener la producción de leche.

Los valores mínimos promedio de CCC difirieron ( $p < 0,05$ ) entre las vacas primíparas y las multíparas y fueron 3,10 y 2,86, respectivamente. Esta diferencia podría estar relacionada a una mayor movilización de reservas corporales

por parte de las multíparas, aunado a la menor CCC con que parieron. El cambio en la CCC en cada uno de estos grupos desde la semana del parto hasta el nadir fue 0,99 puntos en las multíparas y 0,95 en las primíparas. Estos valores no difieren estadísticamente entre sí ( $p = 0,557$ ).

La CCC al final de la lactancia fue 3,69 y 3,67 para vacas primíparas y multíparas, respectivamente. El cambio en CCC desde el nadir hasta dicha semana fue 0,57 y 0,76 puntos, respectivamente. Esta recuperación de CCC tendió ( $p = 0,07$ ) a ser menor en las vacas primíparas que en las multíparas. Roche et ál. (2007a) también han encontrado que las vacas primíparas no son tan eficientes ya que ganaron CCC después del nadir, como en el caso de las multíparas. Lo cual pone en evidencia la necesidad de desarrollar prácticas de alimentación propias para este grupo de animales, con el objeto de que lleguen a la segunda lactancia con un mejor desarrollo y reservas energéticas. Especialmente en hatos en pastoreo y en el que el desarrollo de las novillas no es el adecuado.

#### **Evolución de la condición corporal durante la lactancia en vacas agrupadas por su condición corporal al parto**

Al agrupar los animales según su CCC durante la semana del parto en las categorías mayor o igual a 4,25, 3,50 a 4,00 y menores o igual a 3,25 se observó el comportamiento de las curvas de CCC durante el período seco y de lactancia indicado en la Figura 4.

El análisis de la Figura 4 indica que la curva de CCC de las vacas que parieron con una CCC mayor o igual a 4,25 difieren ( $p < 0,05$ ) desde el inicio del período seco hasta la semana 24 de la lactancia (mitad de la lactación), de las curvas de CCC de aquellas vacas cuya condición corporal al parto fue de 4,00 o menos. Así mismo, las curvas de CCC de los 3 grupos de vacas indicados difieren entre sí ( $p < 0,05$ ) desde la semana menos 7 antes del parto (período seco) hasta la semana nueve de lactación. Desde el punto de vista de los procesos fisiológicos que involucra el metabolismo energético, el período alrededor de las

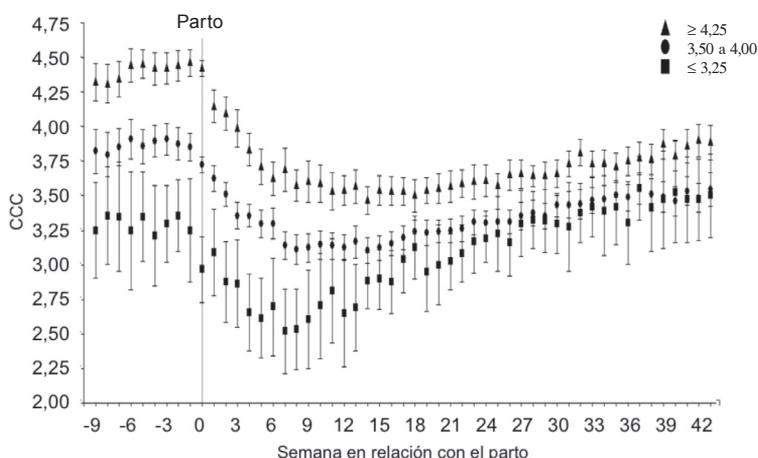


Fig. 4. Evolución de la condición corporal en vacas agrupadas según su condición corporal al parto (CCC $\geq$ 4,25 (▲), CCC 3,50 a 4,00 (●) y CCC $\leq$ 3,25 (■)), en un hato de vacas Jersey en pastoreo.

9 semanas de lactancia es crítico, ya que durante el mismo la vaca está en su pico de lactación y además se inicia el período de monta o inseminación. Lo anterior tiene implicaciones importantes en la reproducción, debido a que según Roche et ál. (2007a) y Butler y Smith (1989) el retorno a los ciclos estrales se favorece con CCC al parto alrededor de 3,0 a 3,5 pérdidas de CCC menores a 1 punto del parto al nadir y valores de nadir altos. Así mismo, las reservas de energía adecuadas contribuyen a sustentar la producción de leche durante las primeras semanas de lactancia (NRC

2001). Los argumentos anteriores sugieren que las vacas de este hato que paren con una condición corporal inferior a 3,5 podrían comprometer su desempeño productivo y reproductivo.

En general los animales de este hato finalizan la lactancia con una CCC adecuada ( $>3,5$ ) (Roche et ál. 2009). El segmento de vacas más pesadas o sobre acondicionadas mantiene esa condición durante todo su ciclo productivo.

En la Figura 5 se denota el comportamiento de la CCC al nadir en las vacas agrupadas por la CCC al parto ( $\leq 3,25$ ; 3,50 a 4,00 y  $\geq 4,25$ ) y en

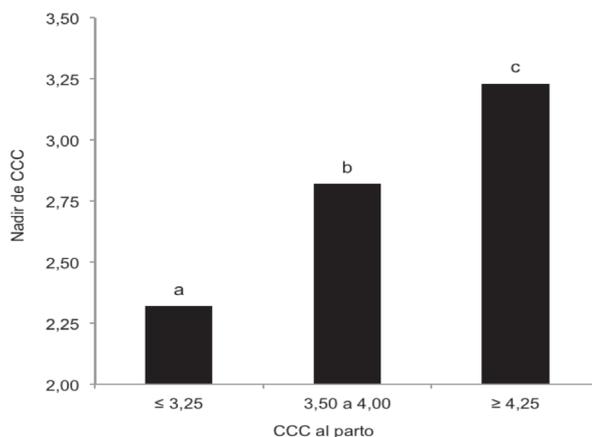


Fig. 5. Nadir de calificación de condición corporal (CCC) promedio para todas las vacas, agrupadas según su CCC en la semana del parto, en un hato de animales en pastoreo. Barras con letras distintas que difieren ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Tukey.

la Figura 6 se hace la misma agrupación por CCC y se diferencian entre animales en primíparas y multíparas. En ambas figuras se observa que existe una relación entre la CCC al parto y la misma al nadir: entre mayor sea la CCC al parto, mayor será la misma al nadir (primíparas:  $\rho=0,650$ ,  $p<0,01$ ; multíparas:  $\rho=0,619$ ,  $p<0,01$ ). En la Figura 5 se observa que los 3 grupos difirieron ( $p<0,05$ ) entre sí y que los animales con menor

CCC al parto tienen valores más bajos al nadir. Al hacer un análisis más detallado de la información agrupadas las vacas en primíparas y multíparas, se pone en evidencia que las vacas multíparas que paren con menor CCC tienen un nadir menor que las primíparas (Figura 6) y a la vez pierden más condición durante este período (Figura 7), lo cual podría comprometer su desempeño productivo y reproductivo (Roche et ál. 2009 y Butler y Smith

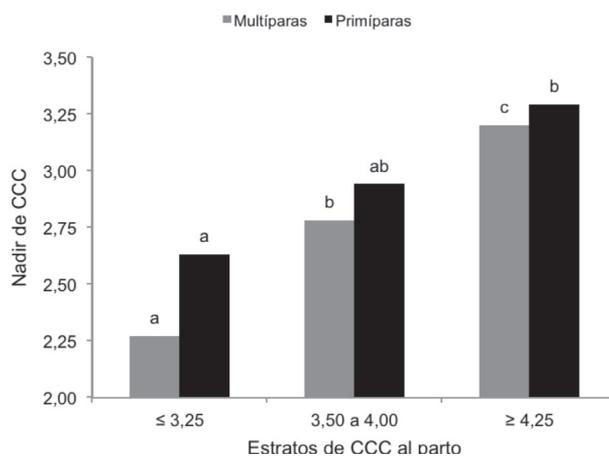


Fig. 6. Nadir de calificación de condición corporal promedio para vacas primíparas y multíparas en pastoreo, agrupadas según su condición corporal en la semana del parto. Barras del mismo patrón con letras distintas que difieren ( $p<0,05$ ) según la prueba de Tukey.

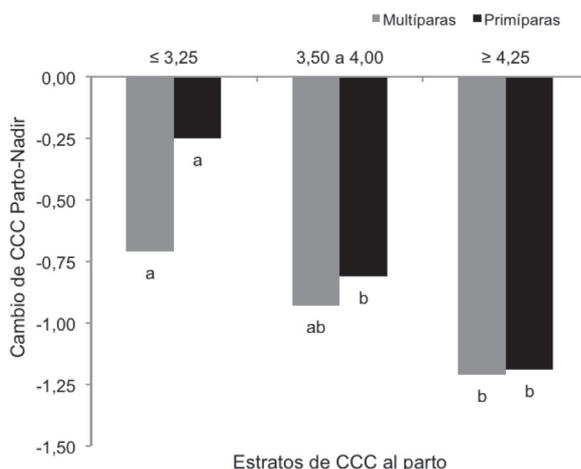


Fig. 7. Pérdida de condición corporal (CCC) promedio desde la semana del parto hasta el nadir para vacas primíparas y multíparas, agrupadas según su CCC en la semana del parto. Barras del mismo patrón con letras distintas que difieren ( $p<0,05$ ) según la prueba de Tukey.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general la CCC de las vacas del ható objeto de estudio es mayor que la reportada frecuentemente en la literatura, para hatos con buenos índices reproductivos y niveles de producción de leche. Esto se debe a que la mayoría de los estudios se han realizado con animales de la raza Holstein y las vacas Jersey pueden tener valores de CCC mayores que los de la raza Holstein, antes de incurrir en enfermedades tales como la cetosis. El análisis realizado indica que la alimentación energética de los animales que se manifiesta en su CCC es crítico durante el final de la lactancia y períodos de vaca seca y próxima al parto a fin de que los animales lleguen a parir con una CCC técnicamente adecuada, que corresponde a 4,01 para las vacas primíparas y 3,83 para las múltiparas, de esta investigación. Los animales que parieron con una CCC mayor o igual a 4,25 fueron las que movilizaron mayores reservas energéticas durante el período de 8 (vacas múltiparas) y 14 semanas (vacas primíparas) de lactancia y a su vez las que tuvieron valores de nadir más altos, lo cual beneficia la producción de leche y los procesos reproductivos. Los animales con CCC al parto mayor o igual a 4,25 presentaron una evolución de la curva de CCC normal y siempre mantuvieron una CCC mayor que aquellas vacas que parieron con valores de CCC menores. Las vacas múltiparas que paren con una CCC menor a 3,25 son las más susceptibles a tener balances energéticos negativos durante todo su ciclo productivo, por lo que deben recibir una alimentación balanceada que satisfaga no solo las necesidades de producción de leche, sino también para acumular reservas corporales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ingeniero Agrónomo José Joaquín Jiménez Zamora propietario de la finca Pasquí ubicada en Oreamuno, Cartago, por las facilidades brindadas que hicieron posible la realización

de esta investigación. A los empleados de la finca, así como al Dr. Carlos Luis Madríz Bonilla y al Sr. Jorge Volio Elbrech por su valiosa colaboración. De igual manera al Centro Regional de Informática para la Producción Animal Sostenible por permitirnos utilizar el programa VAMPP Bovino 3.0.

## LITERATURA CITADA

- BANOS G., BROTHERSTONE S., COFFEY M.P. 2004. Evaluation of body condition score measured throughout lactation as an indicator of fertility in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87:2669-2676.
- BAUMAN D.E., CURRIE W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514-1529.
- BUTLER W.R., SMITH R.D. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- COLEMAN J., PIERCE K.M., BERRY D.P., BRENNAN A., HORAN B. 2010. Increasing milk solids production across lactation through genetic selection and intensive pasture-based feed system. *J. Dairy Sci.* 93:4302-4317.
- DOMECQ J.J., SKIDMORE A.L., LLOYD J.W., KANEENE J.B. 1997. Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:101-112.
- EDMONSON A.J., LEAN I.J., WEAVER L.D., FARVER T., WEBSTER G. 1989. A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- FERGUSON J.D., GALLIGAN D.T., THOMSEN N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695-2703.
- FERGUSON J.D., OTTO K.A. 1989. Managing body condition in cows. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Conf.* pp. 75-87.
- FRENCH P.D. 2006. Dry matter intake and blood parameters of non lactating Holstein and Jersey cows in late gestation. *J. Dairy Sci.* 89:1057-1061.
- GALLO L., CARNIER P., CASSANDRO M., MANTOVANI R., BAILONI L., CONTIERO B., BITTANTTE G. 1996. Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 79:1009-1015.
- GILLUND P., REKSEN O., GRÖHN K., KARLBERG. 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1390-1396.

- GRUMMER R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 73:2820–2833.
- HAYIRLI A., GRUMMER R.R., NORDHEIM E.V., CRUMP P.M. 2002. Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holstein. *J. Dairy Sci.* 85:3430-3443.
- MARQUARDT J.P., HORST R.L., JORGENSON N.A. 1977. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 60:929-934.
- MCCARTHY B., PIERCE K.M., DELABY L., BRENNAN A., HORAN B. 2012. The effect of stocking rate and calving date on reproductive performance, body state, and metabolic and health parameters of Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:1337-1348.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup> rev. ed. National Academy Press. Washington, D.C. 381 p.
- PEDRON O., CHELI F., SENATORE E., BAROLI D., RIZZI R. 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2528-2535.
- RASTANI R.R., ANDREW S.M., ZINN S.A., SNIFFEN C.J. 2001. Body condition an estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 84:1201-1209.
- ROCHE J.R., BERRY D.P., LEE J.M., MACDONALD K.A., BOSTON R.C. 2007a. Describing the body condition score change between successive calvings: a novel strategy generalizable to diverse cohorts. *J. Dairy Sci.* 90:4378-4396.
- ROCHE J.R., FRIGGENS N.C., KAY J.K., FISHER M.W., STAFFORD K.J., BERRY D.P. 2009. Invited Review: Body condition score and its associations with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92:5769-5801.
- ROCHE J.R., LEE J.M., MACDONALD K.A., BERRY D.P. 2007B. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:3802-3815.
- SABORÍO-MONTERO A., SÁNCHEZ J.M. 2013. Prevalencia y factores de riesgo relacionados con la cetosis clínica y subclínica Tipo I y II en un hato de vacas Jersey en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 37(2):17-29.
- SÁNCHEZ J.M. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero, pp. 1-24. In: XI Seminario de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Barquisimeto, Venezuela.
- VAN SAUN R.J. 1991. Dry cow nutrition: the key to improving fresh cow performance. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 7. W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA. p 599.
- WALTNER S.S., McNAMARA J.P., HILLERS J.K. 1994. Validation of indirect measures of body fat in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 77:2570-2579.
- WILDMAN E.E., JONES G.M., WAGNER P.E., BOMAN R.L., TROUT H.F., LESCH T.N. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationships to standard production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495-501.
- ZEBELI Q., ASCHENB J.R., TAJAF M., BOGUHN J., AMETAJ B.N., DROCHNER W. 2008. Invited review: role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95:1041-1056.

