

**FACTORES NUTRICIONALES Y DE MANEJO QUE AFECTAN
LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE VACAS CHAROLAIS Y
HEREFORD EN AGOSTADERO**

ROBERTO GARCÍA ELIZONDO

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

Subdirección de Postgrado

Programa de Zootecnia

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**FACTORES NUTRICIONALES Y DE MANEJO QUE AFECTAN
LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE VACAS CHAROLAIS Y HEREFORD
EN AGOSTADERO**

TESIS

POR

ROBERTO GARCÍA ELIZONDO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría
y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal: _____
Dr. Ramiro López Trujillo

Asesor: _____
Dr. Miguel Mellado Bosque

Asesor: _____
Dr. Eduardo Aizpuru García

Asesor: _____
Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor: _____
Dr. Joel Maltos Romo

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 2006

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca para realizar estos estudios, que son parte fundamental de mi vida profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por otorgarme la oportunidad de realizar estudios de postgrado.

Al Dr. Ramiro López Trujillo por brindarme su amistad, apoyo y confianza, por compartir sus experiencias y conocimientos, con respeto y admiración.

Al Dr. Miguel Mellado Bosque mi más sincero y profundo agradecimiento por su disposición y apoyo incondicional durante mis estudios.

Al Dr. Eduardo Aizpuru García por sus valiosos y atinados consejos durante mi formación.

Al Dr. Heriberto Díaz Solís por sus comentarios y su disposición en la asesoría de este trabajo.

Al Dr. Joel Maltos Romo por su disposición en la asesoría de este trabajo.

A mis compañeros y amigos por apoyarme en la realización de mis estudios.

DEDICATORIA

A Dios

Quien me ha dado la vida, la fuerza y la sabiduría para trabajar día a día.

Con todo cariño y amor a quienes han sido parte fundamental en esta etapa de mi formación profesional:

Mis Padres

Roberto García Garza
Eloisa Elizondo de García

Mi Esposa

Piedad A. Flores de García

Mis Hijos

Roberto, Anaid y Gerardo

COMPENDIO

FACTORES NUTRICIONALES Y DE MANEJO QUE AFECTAN LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE VACAS CHAROLAIS Y HEREFORD EN AGOSTADERO

TESIS

POR

ROBERTO GARCIA ELIZONDO

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2006**

Dr. Ramiro López Trujillo - Asesor -

Palabras clave: Condición Corporal, Duración de la lactancia, Fecha del primer parto, Número de partos, Productividad, Zonas áridas y semiáridas.

Debido a la importancia de la producción de carne de bovino en el norte de México y a que los principales sistemas de producción se basan en el pastoreo extensivo en las zonas áridas y semiáridas de esta región, se consideró importante recabar y analizar información de vacas y becerros en un rancho típico de la región, con el fin de documentar el efecto que algunos factores nutricionales y de manejo tienen sobre el desempeño productivo, reproductivo y productividad de vacas Charolais y Hereford manejadas en agostadero y con periodos de apareamientos de 90 días al año.

La presente investigación se dividió en tres estudios, para los cuales se obtuvieron y registraron características de producción de 1995 a 1999 de vacas Charoláis y Hereford del Rancho “Los Ángeles” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro localizado en el noreste de México (25° 04’ N; 100° 58’ O). Los animales fueron manejados extensivamente en 6704 ha de agostadero durante todo el año. El sistema de pastoreo fue rotacional diferido con 20 potreros y una presión de pastoreo entre 15 y 20 ha por unidad animal año. El manejo de las vacas y sus becerros en los diferentes años fue similar. Se utilizó, una época de apareamientos de 90 días (01 de junio a 31 de agosto) y el apareamiento de las vacas fue con toros de la misma raza en una proporción de 20 a 30 vacas por toro. Las novillonas se apareaban por primera vez alrededor de los dos años de edad, iniciando 15 días antes que en las vacas. Todas las novillonas fueron inseminadas artificialmente, después de la sincronización de celos y posteriormente fueron expuestas a toros de la misma raza.

Los partos ocurrieron a finales del invierno y primavera y el destete de los becerros en otoño, a los siete meses promedio de edad. Las vacas no gestantes, o que no destetaron becerro, eran sistemáticamente eliminadas del hato. Las vacas tuvieron acceso, durante todo el año, a una mezcla de sal, fósforo y minerales traza. Además, se les inyectó, a finales de invierno, vitaminas A, D y E, y en algunos años recibieron, en invierno, un suplemento proteico (excreta de pollo, con 24 por ciento de proteína cruda a razón de 1 kg por animal por día durante 60 a 90 días).

En el primer estudio, se utilizaron 621 registros de producción obtenidos de 1995 a 1999 para determinar los efectos de condición corporal al parto (CCP; escala de 9 puntos) y cambio de condición del parto al destete (CCPD) sobre el crecimiento de becerros y fertilidad de vacas Charolais y Hereford utilizando en el análisis de varianza un modelo de clasificación de efectos fijos con diferente número de unidades experimentales. Los animales fueron la unidad experimental. CCP afectó ($P < 0.01$) el peso al destete ajustado a 210 días (PDAj) y ganancia diaria de peso predestete (GDP) de los becerros y eficiencia de la vaca al destete (EFD). A mayor CCP mayor PDAj, GDP y menor EFD. Los CCPD, no tuvieron influencia ($P > 0.05$) sobre la GDP (980 ± 13 g) y PDAj (245 ± 3 kg). CCP y CCPD no afectaron ($P > 0.05$) el día juliano a la preñez (182), intervalos parto-preñez (90 días), inicio del período de apareamientos-preñez (26 días) y entre partos (375 días). CCP y los CCPD tuvieron influencia ($P < 0.01$) sobre el porcentaje de preñez (PP). El PP fue más alto ($P < 0.01$) para vacas con CCP 5 y 6 (82 por ciento) que en vacas con $CC \geq 7$ (73 por ciento) y < 5 (62 por ciento). El PP fue afectado ($P < 0.01$) por los CCPD. El 90 por ciento de las vacas que ganaron más de 1.5 unidades de condición corporal se preñaron comparadas con las que perdieron (59 por ciento), mantuvieron (70 por ciento) o ganaron < 2 unidades (81 por ciento). Estos resultados reafirman la importancia que tienen las reservas corporales de energía sobre el crecimiento de becerros y comportamiento reproductivo de las vacas en agostadero.

En un segundo estudio, datos de 283 ciclos anuales de producción obtenidos de 1995 a 1999 fueron utilizados con el objetivo de evaluar los

efectos de la duración de la lactancia (DL; corta, promedio y larga), número de lactancia (actual; LA y siguiente; LS) y estado fisiológico (parto y destete) sobre el comportamiento productivo y reproductivo en dos lactancias consecutivas de vacas y becerros Charolais utilizando en el análisis de varianza un modelo de clasificación de efectos fijos con diferente número de unidades experimentales. Los animales fueron la unidad experimental. A mayor DL, el peso al destete de los becerros y la eficiencia de la vaca al destete (EFD) fueron mayores ($P < 0.05$) en ambas lactancias y la ganancia diaria de peso (978 ± 7 g) fue similar ($P > 0.05$). El peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de las vacas al destete en la LA y al parto y destete de la LS fueron similares ($P > 0.05$). Las vacas con lactancias promedio y larga destetaron ($P < 0.05$) más kilogramos de becerro y tuvieron mayor EFD en ambas lactancias y mantuvieron lactancias más prolongadas ($P < 0.05$) en el siguiente parto, con relación a las vacas de lactancia corta. La DL actual no afectó ($P > 0.05$) el porcentaje de preñez (84 por ciento) ni el intervalo del inicio del periodo de apareamientos-preñez (25 días) de la LS. Los días julianos al parto y preñez mostraron una relación inversa ($P < 0.05$) con DL y directa con el intervalo parto-preñez. Se concluyó que la DL tuvo influencia sobre el comportamiento productivo pero no sobre PV, CC y comportamiento reproductivo de las vacas en su siguiente lactancia.

En un tercer estudio, se analizó el efecto de la fecha del primer parto sobre el comportamiento productivo y reproductivo en siete partos consecutivos de 201 vacas Charolais que parieron en primavera de 1991 a 2000. Las vacas se asignaron, al primer parto, a cuatro grupos de parición

(GP1 a GP4) de 21 días consecutivos cada uno y se les dio seguimiento durante siete partos. Las características analizadas en las crías fueron pesos al nacer y destete, edad al destete y ganancia diaria de peso predestete, y para las vacas pesos al parto y destete, eficiencia al destete, fecha del parto e intervalo entre partos. Los datos se analizaron con un modelo lineal de efectos mixtos con mediciones repetidas. Las vacas en GP1 y GP2 produjeron becerros con mayor ($P<0.05$) peso al destete, destetaron más kilogramos de becerro en su vida, fueron más eficientes al destete, parieron al inicio de la época y sus intervalos entre partos fueron mayores con respecto a las vacas en GP3 y GP4. El número del parto afectó ($P<0.01$) todas las variables analizadas. Si bien el comportamiento de crías y vacas de GP1 y GP2 fue mejor ($P<0.01$) en los primeros partos; a partir del cuarto, tendieron a converger con GP3 y GP4 en todas las variables analizadas. Se concluyó que las vacas que tuvieron su primer parto al inicio de la época de partos mostraron mejor comportamiento en su vida productiva, comparadas con las que parieron al final del periodo de pariciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	página
ÍNDICE DE CUADROS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
Ciclo Anual de Producción de las Vacas	6
Reservas Corporales de Energía	8
Cambios de Condición Corporal y Peso Vivo	13
Factores de Ajuste de Peso Vivo por Condición Corporal	17
Condición Corporal y Comportamiento Productivo	18
Condición Corporal y Comportamiento Reproductivo	21
Preparto (fin de la gestación)	22
Postparto (parto-inicio del período de apareamientos)	23
Durante el período de apareamientos	28
Destete (tercio medio de gestación)	29
Mecanismos a Través de los Cuales las Reservas Corporales de Energía Controlan el Intervalo Postparto de las Vacas	29
Factores no Nutricionales que Influyen Sobre el Comportamiento Productivo y Reproductivo	34
Raza de la Vaca	35
Número de Parto	36
Duración de la Lactancia	37
Fecha del Primer Parto	40
3. ARTÍCULOS	44
Efecto de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo de vacas Charolais y Hereford en agostadero	45
Efecto de la duración de la lactancia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Charolais en agostadero	67
Efecto de la fecha del primer parto sobre la vida productiva de vacas Charolais	88
4. CONCLUSIONES	112
5. LITERATURA CITADA	114

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Ciclo anual de producción de vacas productoras de carne	7
2.2	Calificación de condición corporal en vacas productoras de carne.	11
2.3	Contenido de grasa y peso vivo de vacas productoras de carne con diferente condición corporal	12
2.4	Requerimientos de EN_m , composición química del cuerpo vacío y cambios de peso corporal dietado de vacas con diferente condición corporal	14
2.5	Reservas de energía de vacas con diferente tamaño y condición corporal (NRC, 2000).	15
2.6	Peso necesario para ajustar la condición corporal de vacas Angus a una condición de 5.	18
2.7	Efecto de la condición corporal el año actual y peso de los becerros al destete al año siguiente.	21
2.8	Efecto de la condición corporal al parto sobre las tasas acumuladas de preñez de vacas primíparas y multíparas	26
2.9	Intervalo postparto esperado de vacas jóvenes con diferente condición corporal al parto y cambios de condición posparto	37

1. INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México predominan las explotaciones de bovino productor de carne, las cuales se basan principalmente en la producción y venta de becerros al destete para exportación. El principal recurso alimenticio para los animales en estas regiones son los pastizales naturales, los cuales presentan fluctuaciones en cantidad y calidad a través del año y entre años, y consecuentemente los animales están expuestos a deficiencias nutricionales, principalmente, durante los períodos de escasa precipitación. Una característica común de la producción en estos ambientes es la baja productividad de los animales, la cual es evaluada en términos de la cosecha neta de becerros y expresada como el porcentaje anual de becerros destetados con relación al número de vacas expuestas al toro, así como por los kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta a toro por año o por hectárea por año (FIRA, 1996). En la mayoría de los casos, la baja productividad de los hatos de vacas productoras de carne es el resultado de una inadecuada nutrición de las vacas durante las etapas claves de su ciclo anual de producción (Carpenter, 1998).

La eficiencia reproductiva de las vacas es el factor clave que determina la productividad (Hess *et al.*, 2005). El éxito reproductivo depende del intervalo del parto a la primera ovulación postparto y del porcentaje de preñez. La

nutrición es el factor ambiental que más incide en la reproducción, y por lo tanto, el principal componente de manejo durante el ciclo anual de producción, que debe ser considerado para mejorar la eficiencia reproductiva (Wettemann *et al.*, 2003). El último tercio de gestación y los primeros tres meses de la lactancia son los períodos nutricionales más críticos del ciclo reproductivo de las vacas, y la duración del anestro postparto es la principal causa de infertilidad en estos animales (Macmillan, 1997; Wettemann *et al.*, 2003).

El efecto del estado nutricional sobre el comportamiento reproductivo de las vacas es muy importante, ya que un adecuado consumo de nutrientes permite mantener un equilibrio entre consumo y demanda del animal, situación que no se da en ciertas épocas del año en animales que dependen del forraje del agostadero, por lo que el animal frecuentemente presenta un balance energético negativo. La fertilidad de las vacas es sensible al consumo de energía y a la disponibilidad de reservas corporales de energía (Hawkins *et al.*, 1999).

Una herramienta práctica que puede ser utilizada para evaluar el estado nutricional de las vacas en su ciclo anual de producción es la calificación de la condición corporal (CC), la cual es una estimación de las reservas corporales de energía (Richards *et al.*, 1986; Herd y Sprott, 1986). El inadecuado consumo de energía y la pobre CC de las vacas al parto, afectan negativamente el porcentaje de preñez de estos animales (Macmillan, 1997; Wettemann *et al.*, 2003). Las mayores pérdidas reproductivas y consecuentemente productivas, son la ausencia de celos regulares de las

vacas y consecuentemente las bajas tasas de concepción (Bellows y Short, 1994).

El crecimiento inicial de los becerros, el porcentaje de preñez y la distribución de las mismas durante la época de apareamientos, son afectados por las reservas corporales de energía, el nivel de nutrición antes del parto e inicio de la lactancia y la CC de la vaca al parto (Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988; DeRouen *et al.*, 1994; Morrison *et al.*, 1999), el nivel de alimentación después del parto y cambios en peso vivo y CC (Spitzer *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 1997). Sin embargo, cuando las vacas llegan al parto con adecuadas reservas corporales de energía, el efecto de la alimentación postparto sobre el comportamiento reproductivo no es significativo (Richards *et al.*, 1986).

La mayoría de los estudios sobre comportamiento reproductivo y productivo en vacas productoras de carne, sólo abarcan uno o varios segmentos del ciclo anual de producción y han sido realizados bajo condiciones de alimentación controlada en estabulación. Sin embargo, en México y principalmente en las zonas semiáridas, existe poca información sobre los efectos de la condición corporal y de sus cambios en vacas de diferentes razas sobre su comportamiento productivo y reproductivo en su ciclo anual de producción, de la duración de la lactancia sobre el comportamiento en lactancias consecutivas y de la fecha del primer parto sobre la vida productiva de vacas primíparas y multíparas con apareamientos de corta duración y pastoreo anual en agostadero.

Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron:

- 1.- Evaluar los efectos de la condición corporal al parto y su cambio del parto al destete sobre el crecimiento de los becerros al destete y el desempeño productivo y reproductivo de vacas Charolais y Hereford en agostadero.

- 2.- Evaluar los efectos de la duración de la lactancia, número de lactancia y estado fisiológico de vacas Charolais sobre el crecimiento de sus becerros al destete y su comportamiento productivo y reproductivo en dos lactancias consecutivas.

- 3.- Evaluar el efecto del día juliano al parto de vacas Charolais sobre el crecimiento de sus becerros y su desempeño productivo y reproductivo durante siete partos consecutivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las zonas áridas y semiáridas del norte de México se caracterizan por una escasa y mal distribuida precipitación pluvial, elevada evaporación, períodos prolongados de sequía, erosión del suelo y pobre cobertura de pastos con baja capacidad sustentadora, debido al sobrepastoreo y mal manejo de los mismos. Sin embargo, la producción animal depende de los recursos forrajeros con que se cuenta. Estos recursos representan la fuente de nutrientes más barata para el productor, y por lo tanto una buena alternativa para la alimentación de rumiantes en pastoreo. Los bovinos productores de carne y otros rumiantes aprovechan eficientemente el recurso vegetal y lo transforman en productos para consumo humano. Sin embargo, se presentan fluctuaciones en la cantidad y calidad del forraje producido a través del año y entre años, lo cual dificulta el manejo nutricional de las vacas, siendo comunes los períodos prolongados de inadecuada nutrición, y en consecuencia disminución en la productividad de los hatos ganaderos (Hawkins *et al.*, 1999).

Para reducir los efectos negativos de una inadecuada nutrición, Carpenter (1998) recomienda sincronizar los requerimientos nutricionales de las vacas con la disponibilidad de nutrientes en el pastizal, mediante la implementación de estrategias de manejo tales como la programación de una época de apareamientos controlada y de corta duración y el uso de una carga animal conservadora.

Dentro de la ganadería bovina en el norte de México predomina el sistema de producción vaca-becerro. Entre las características más relevantes de estas unidades de producción, FIRA (1996), Rivera *et al.* (1997) y López y García (1998) mencionan las siguientes: dependencia casi exclusiva del forraje del agostadero, corto período de crecimiento de forraje, estacionalidad de las lluvias (verano - otoño) lo que permite el crecimiento de las crías y regulares probabilidades de que las vacas se fecunden, pariciones en primavera - verano y destete en otoño, los becerros machos y otros animales de deshecho se extraen antes del invierno (forraje de mala calidad), porcentajes de pariciones entre 50 y 60 por ciento y becerros con un peso al destete entre 150 y 180 kg a los siete meses de edad, inadecuado uso del agostadero, lo cual origina problemas de sobrepastoreo (aproximadamente 80 por ciento de los ranchos) y alrededor de 18 ha por unidad animal año, con un rango de 10 a 50.

Ciclo Anual de Producción de las Vacas

Los requerimientos nutricionales de las vacas y la disponibilidad de nutrientes en los sistemas de producción basados en forrajes, fluctúan a través del año y entre años. Como consecuencia de lo anterior y desde un punto de vista nutricional, el ciclo anual de producción de las vacas de cría se divide en cuatro períodos (Cuadro 2.1). El período 1, llamado intervalo postparto (IPP) inicia con el parto y concluye al inicio del periodo de apareamientos es considerado el más crítico, debido a que se presentan cambios hormonales y nutricionales que dificultan la preñez (Butler y Smith, 1989; Swanson, 1989). Entre los principales cambios, se pueden mencionar: 1) el inicio de la lactancia

y el período de máxima producción de leche; 2) incremento en los requerimientos nutricionales de las vacas; 3) cambios en la prioridad en el uso de los nutrientes; 4) inicio de la involución uterina; 5) anestro postparto; 6) el estímulo del amamantamiento y presencia del becerro, y 7) patologías derivadas del parto (Wettemann y Bossis, 1999; Rhodes *et al.*, 2003). En este período es común que las vacas presenten un estrés nutricional (balance energético negativo; BEN) el cual es más marcado en vacas jóvenes (NRC, 2000).

Cuadro 2.1. Ciclo anual de producción de vacas productoras de carne.

Período (días)	Descripción	Necesidades Nutricionales¹
1 (90)	Parto al Periodo de apareamientos (Inicio de la lactación)	Altas (10 -12 % PC) (60 - 65 % NDT)
2 (125)	Periodo de apareamientos al Destete (Preñez y fin de lactación)	Moderadas - Altas (8 -10 % PC) (50 - 60 % NDT)
3 (90)	Mitad de Gestación (Inicio del período seco)	Bajas (6 -8 % PC) (45 - 50 % NDT)
4 (60)	Fin de la Gestación (Pre-parto)	Moderadas (8 - 10 % PC) (50 - 55 % NDT)

Fuente: Kunkle *et al.* (2002)

¹ PC = Proteína cruda; NDT = Nutrientes digestibles totales

El período 2 comprende del periodo de apareamientos al destete, las vacas se preñan y terminan su lactancia; tiene una duración de 125 días y los requerimientos nutricionales son de moderados a altos debido a la lactancia. El período 3 comprende el tercio medio de gestación, es el inicio del período seco

por lo que las vacas en este período es cuando tienen los más bajos requerimientos nutricionales y tiene una duración de 90 días. El período 4 al igual que el 1, es de los más críticos debido a los altos requerimientos de nutrientes. Tiene una duración de 60 días y en muchos hatos este período se presenta en invierno, cuando la cantidad y calidad del forraje son insuficientes para llenar los requerimientos nutricionales de las vacas.

Reservas Corporales de Energía

Las vacas tienen la capacidad de almacenar energía en forma de grasa (triglicéridos) en el tejido adiposo de la región abdominal, torácica, intermuscular, subcutánea e intramuscular de su cuerpo. Las reservas corporales de grasa son movilizadas y utilizadas como fuente de energía en situaciones de emergencia nutricional (Tess y Kolstad, 2000). El uso de estas reservas depende del estado fisiológico de las vacas, las cuales utilizan los nutrientes por prioridad para metabolismo basal, pastoreo y otras actividades fisiológicas tales como: crecimiento, mantener reservas básicas de energía, mantener la gestación, producción de leche, almacenar reservas de energía y presentación de celo e inicio de la gestación (Short *et al.*, 1990).

En los bovinos y otros rumiantes, el metabolismo del tejido adiposo incluye la síntesis de triglicéridos como base para formar grasa. La síntesis de grasa es a partir de ácidos grasos y glicerol 3-fosfato, el cual es sintetizado a partir de glucosa. Los ácidos grasos pueden ser obtenidos principalmente de los triglicéridos procedentes de las lipoproteínas de muy baja densidad y de los

quilomicrones circulantes en el plasma sanguíneo, los cuales pueden ser producto de las grasas consumidas por el animal o de la hidrólisis de la grasa de los adipocitos. Por otra parte, la lipólisis es un proceso que implica la movilización del tejido graso para utilizarlo como fuente de energía. Este proceso se desencadena como consecuencia de un estado de emergencia nutricional o BEN. En bovinos con partos en primavera, el BEN es más marcado al final de la gestación e inicio de la lactación (Adams, 2003).

En el tejido adiposo, la movilización de la grasa inicia con una fosforilación mediada por adenosina monofosfato cíclico (AMPc), el cual a su vez activa una lipasa que hace que a partir de tejido graso se liberen paulatinamente triglicéridos, y a su vez éstos, con la acción de hidrolasas específicas, liberen diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y glicerol que pasan al torrente sanguíneo y posteriormente al hígado.

En el hígado el glicerol puede ser usado para producir glucosa o puede ser recombinado con los ácidos grasos libres para formar triacylgliceroles los cuales pueden ser almacenados en los adipocitos, o liberados al torrente sanguíneo como lipoproteínas de muy baja densidad. En una situación de BEN, los ácidos grasos libres pueden ser también hidrolizados a través de la β -oxidación y convertidos en moléculas de Acetil-CoA, las cuales se incorporan al ciclo de Krebs y producen energía en forma de ATP. Aquí el metabolismo de las grasas compite con la neoglucogénesis, porque ambas reacciones seriales necesitan oxaloacetato. Si no hay suficiente oxaloacetato disponible por falta de precursores glucogénicos tales como: propionato,

acetato, glicerol, o aminoácidos, o porque exista una gran demanda de glucosa, el Acetil-CoA no puede ser introducido en el ciclo de Krebs, dando origen a los cuerpos cetónicos, los cuales son una importante fuente de energía en ayuno, la lactancia o la preñez, pero pueden alterar el estado metabólico cuando su concentración excede ciertos niveles (Grummer, 1993).

Una evaluación subjetiva de la cantidad de energía almacenada en el cuerpo de un animal en forma de grasa y músculo es el uso de un sistema de calificación de condición corporal (Richards *et al.*, 1986; Herd y Sprott, 1986). Para calificar la condición corporal (CC) en animales vivos se recurre habitualmente a métodos subjetivos de observación y/o palpación de la cantidad de grasa presente en su cuerpo a la cual se le asigna una puntuación, y es considerada como un buen indicador (coeficiente de correlación mayor a 0.90) de las reservas corporales de energía (músculo y grasa) de las vacas (Richards *et al.*, 1986).

Las escalas utilizadas para estimar CC varían en las distintas partes del mundo. Sin embargo, el principio en que están basadas es siempre el mismo. En bovinos con aptitud cárnica la calificación de CC más utilizada se basa en una escala de 1 a 9, (1= muy flaca (emaciada); 5= moderada y 9= muy gorda (Richards *et al.*, 1986; Herd y Sprott, 1986). En el Cuadro 2.2 se presenta una descripción de la calificación de CC de vacas productoras de carne propuesta por Richards *et al.* (1986). Estos autores mencionan que los sitios más comunes para estimar la CC de un animal son: en animales flacos, la musculatura en las piernas, lomo y entre los huesos de la cadera, en estos

animales el contenido de grasa subcutánea en mínimo y poco perceptible. En animales con CC moderada a gorda, los depósitos de grasa se observan en el nacimiento de la cola, lomo, costillas y entre los huesos de la cadera.

Cuadro 2.2. Calificación de condición corporal en vacas productoras de carne¹.

Calificación	Descripción
1 MUY FLACA (Emaciada)	Los huesos de la espalda, costillas, dorso, caderas y anca son puntiagudos y fácilmente visibles. Hay pérdida de musculatura.
2 FLACA (Pobre)	Depósitos grasos imperceptibles, se observa algo de musculatura en los cuartos posteriores. La espina dorsal es puntiaguda y se pueden observar fácilmente los espacios entre las protuberancias.
3 DELGADA	La columna vertebral es bastante visible. Las protuberancias de la espina dorsal pueden ser identificadas individualmente al tacto, o aún verse. Los espacios entre las protuberancias son menos notorios.
4 REGULAR (Limite)	Las costillas anteriores no se notan visualmente, pero los dos últimas (12 y 13) se notan claramente. Las protuberancias laterales de la espina dorsal pueden identificarse solamente al tacto, presionando suavemente, y se notan redondeadas en lugar de puntiagudas. Los músculos de los cuartos posteriores poco desarrollados.
5 MODERADA (Óptimo bajo)	Las costillas 12 y 13 no se observan a menos que el animal esté dietado. Las protuberancias laterales de la espina dorsal no son visibles; pueden identificarse al tacto con fuerte presión y se notan redondeadas. El área alrededor de la base de la cola aparece llena, pero no sobresale.
6 BUENA (Óptimo medio)	Las costillas no son visibles; aparecen totalmente cubiertas. Los cuartos posteriores se observan llenos y redondeados. El costillar anterior y la base de la cola se notan esponjosos. Las protuberancias laterales de la columna vertebral pueden notarse solamente con fuerte presión.
7 MUY BUENA (Óptimo alto)	Las puntas de la espina dorsal pueden notarse solamente con fuerte presión y los espacios entre las protuberancias laterales difícilmente pueden distinguirse. Se observa bastante grasa de cobertura en la base de la cola.
8 GORDA	La apariencia del animal es compacta, redondeada y la estructura ósea no se observa. La grasa de cobertura es gruesa y esponjosa en partes.
9 MUY GORDA	La estructura ósea no se observa o se palpa con dificultad. La base de la cola totalmente cubierta de grasa. La movilidad del animal se dificulta debido al exceso de grasa.

¹ Fuente: Richards *et al.* (1986).

En el Cuadro 2.3 se muestran los porcentajes de grasa corporal como un porcentaje del peso vacío y de la canal de vacas productoras de carne, así como los pesos vivos de las vacas con diferente calificación de CC (Herd y Sprott, 1986).

Cuadro 2.3. Contenido de grasa y peso vivo de vacas productoras de carne con diferente condición corporal.

Condición Corporal (Calificación)	Grasa Corporal (% peso vacío¹)	Grasa Corporal (% canal)	Peso Vivo (kg)
1 Muy flaca	0	0.7	378
2 Flaca	4	5.0	410
3 Delgada	8	9.3	444
4 Regular	12	13.7	481
5 Moderada	16	18.0	521
6 Buena	20	22.3	565
7 Muy buena	24	26.7	613
8 Gorda	28	31.0	663
9 Muy gorda	32	35.3	718

Fuente Herd y Sprott, (1986).

¹ Peso vacío: peso vivo x 0.891.

La calificación de CC es una respuesta a la dieta que un animal ha consumido y representa una vía indirecta para conocer el estado nutricional de los animales. Si los animales están flacos o pierden CC indican que la dieta de los mismos no ha cubierto o no está satisfaciendo sus requerimientos nutricionales. Por otro lado, las vacas que incrementan su CC es porque consumen una dieta que excede sus necesidades nutricionales. Por lo anterior, se puede considerar que la CC es una herramienta práctica útil para evaluar el manejo nutricional de los animales y un indicador de la dinámica de reservas corporales.

Rutter *et al.* (2000) mencionan que la acumulación de grasa en el cuerpo de un animal no es un proceso eficiente. La eficiencia de retener energía digestible (ED) en forma de tejido corporal en vacas, varía de alrededor de 30 por ciento en vacas secas alimentadas con dietas de mala calidad a cerca de 60 por ciento en vacas lactantes alimentadas con dietas de alta calidad. Para mejorar una unidad de CC (escala 1 a 5) se requieren de alrededor de 1900 Mcal de ED. Por otra parte, por cada unidad de CC perdida (escala 1 a 5) se pierde el equivalente a 900 Mcal de ED.

Cambios de Condición Corporal y Peso Vivo

Los cambios de CC y PV a través del ciclo anual de producción de las vacas son comunes y normales. Al iniciar la lactancia, las vacas generalmente pierden peso y CC. Estas pérdidas son atribuidas a diferencias entre el consumo y los nutrientes requeridos por los animales y están asociadas a la movilización de grasa corporal (Butler, 2003). La pérdida de CC es una medida indirecta de la pérdida de tejido adiposo y del BEN y la magnitud y duración del BEN es el principal responsable de la baja eficiencia reproductiva de las vacas (Lucy, 2003; Butler, 2003). Las vacas podrán perder CC en la medida en que dispongan de reservas corporales suficientes para movilizar los nutrientes faltantes en la dieta. Mayores pérdidas de CC al inicio de la lactación prolongan el período de anestro postparto. En algunos casos, las vacas llegan a la época de apareamientos con un BEN lo cual limita su capacidad para ciclar y consecuentemente para preñarse (Butler, 2003).

Burskirk *et al.* (1992) mencionan que cada unidad de cambio de CC (escala 1 a 5) está asociada a un cambio de 68 y 60 kg de peso para vacas de tamaño grande y pequeño, respectivamente. Por otra parte, Hammack y Gill, (2001) mencionan que el PV maduro de las vacas varía aproximadamente entre 7 y 8 por ciento por cada unidad de cambio de CC y en animales con abundante musculatura hasta 10 por ciento.

En el Cuadro 2.4 se muestran los requerimientos de EN_m , la composición química del cuerpo vacío y los cambios de peso vivo dietado por cada cambio de CC, para vacas productoras de carne con diferente calificación de CC (NRC, 2000).

Cuadro 2.4. Requerimientos de EN_m , composición química del cuerpo vacío y cambios de peso corporal dietado de vacas con diferente condición corporal¹.

Condición Corporal (CC)	Req. EN_m (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Agua (%)	Peso Dietado ² (% CC 5)
1 Muy flaca	80	3.77	19.42	7.46	69.35	76.5
2 Flaca	85	7.54	18.75	7.02	66.69	81.3
3 Delgada	90	11.30	18.00	6.58	64.03	86.7
4 Regular	95	15.07	17.04	6.15	61.36	92.9
5 Moderada	100	18.89	16.75	5.71	58.70	100.0
6 Buena	105	22.61	16.08	5.27	56.04	108.3
7 Muy buena	110	26.38	15.42	4.83	53.37	118.1
8 Gorda	115	30.15	14.75	4.39	50.71	129.9
9 Muy gorda	120	33.91	14.08	3.96	48.05	144.3

¹ Fuente: Herd y Sprott, (1986); NRC (2000).

² Peso dietado = peso vivo x 0.96.

Los requerimientos de EN_m disminuyen 5 por ciento por cada cambio de una unidad de CC abajo de 5, y aumentan en igual proporción con valores de CC mayores de 5. Lo anterior indica que las vacas muy flacas requieren 20 por

ciento menos EN_m y las vacas muy gordas 20 por ciento más que las vacas en $CC = 5$. Al incrementar la CC de los animales el contenido de grasa aumenta y de proteína, cenizas y agua disminuyen. A menor CC , menor PV dietado y viceversa. Los porcentajes de PV por unidad de cambio de CC para vacas con $CC < 5$ varían de 5 a 7 y para vacas con $CC > 5$, de 8 a 14.

En el Cuadro 2.5 se muestran las megacalorías de energía neta para ganancia (ENg) movilizadas o requeridas para cambiar una unidad de CC de vacas con diferente PV maduro dietado.

Cuadro 2.5. Reservas de energía de vacas con diferente tamaño y condición corporal (NRC, 2000).

Cond. Corp. (CC)	Megacalorías de ENg Requeridas o Prop. para cada CC^* a $CC 5$								
	Peso Vivo Maduro (kg)								
	400	450	500	550	600	650	700	750	800
2	112	126	140	154	168	182	196	210	223
3	126	141	157	173	189	204	220	236	251
4	144	162	180	198	217	235	253	271	289
5	165	186	207	227	248	269	289	310	331
6	193	217	242	266	290	314	338	362	386
7	228	267	285	314	342	371	399	428	456
8	275	309	343	378	412	446	481	515	549
9	335	377	419	461	503	545	587	629	670

* Representa la energía movilizada para cambiar a la anterior CC o requerida para moverse a la siguiente CC . Cada kilogramo de peso corporal dietado contiene 5.82 Mcal de energía bruta y los pesos corporales dietados para la $CC 2, 3, 4, 6, 7, 8$ y 9 son 76.5, 81.3, 86.7, 92.9, 108.3, 118.1, 129.9 y 144.3 % con respecto a la $CC 5$, respectivamente.

La EN para mantenimiento (EN_m) de la dieta que es reemplazada por las reservas movilizadas o requerida para reemplazar reservas, son calculadas asumiendo que una megacaloría de tejido movilizado podría reemplazar a 0.8 Mcal de EN_m de la dieta y que 1 Mcal de EN_m de la dieta podría proporcionar una megacaloría de EN_g de tejido. Una vaca de 500 kg con una CC 5 podría movilizar 207 Mcal para bajar a una CC de 4. Si la EN_m consumida es deficiente en 3 Mcal/día, esta vaca podría perder 1 unidad de CC en 55 días $(207 \times 0.8)/3$. Si consume 3 Mcal arriba de los requerimientos diarios, esta vaca podría regresar a CC 5 en 69 días $(207 \times 1)/3$.

En el modelo de NRC (2000), los cambios de PV asociados con cada cambio en CC son importantes, ya que son utilizados para calcular la energía de reserva disponible o requerida para reponer las reservas. En este modelo se asume que el contenido de cenizas es constante. El modelo considera además, que las reservas de energía son 5.82 Mcal de energía bruta/kg de PV perdido. Por otra parte, la pérdida de proteína se estima ser de 81 g/kg. Las ecuaciones del modelo de referencia fueron desarrolladas con datos de 105 vacas adultas de diversas razas y tamaños. Las características de los animales fueron: PV vacío = $0.851 \times PV$ dietado; el promedio de PV vacío fue 546 kg (rango de 302 a 757); porcentaje de grasa en el cuerpo vacío 19.3 (rango de 4.03 a 31.2); porcentaje de proteína en el cuerpo vacío 15.3 (rango 13.2 a 18.0) y CC de 5.56 (rango de 2.25 a 8.0). El promedio de cambio de PV vacío asociado con el cambio de una unidad de CC fue de 44 kg. Se asume que el contenido de cenizas no cambia cuando la CC cambia.

Factores de Ajuste de Peso Vivo por Condición Corporal

El tamaño corporal (TC) es un factor genético importante debido a su influencia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas, los requerimientos de energía para mantenimiento, la capacidad de consumo de alimento, los costos de producción, el peso y calidad de la canal, rendimiento en cortes y en la determinación de la carga animal. Históricamente, el TC fue primero estimado como altura, en la actualidad, el PV es una medida más común de TC (Hammack y Gill, 2001; Kress *et al.*, 2001).

Cuando el PV se utiliza como único indicador del TC, se asume que el contenido de grasa y musculatura corporal son equivalentes para calcular los requerimientos de energía y capacidad de consumo de alimento. Sin embargo, cuando se realizan comparaciones entre razas o entre animales de diferentes edades o número de partos, no existe una razón aceptable para asumir que la relación entre contenido de grasa y musculatura es estable (Friggens *et al.*, 2001). Por lo anterior, el PV de un animal debe ser ajustado por diferencias en el contenido de grasa corporal a una CC preestablecida (NRC, 2000; Hammack y Gill, 2001).

El PV de las vacas es algunas veces utilizado erróneamente como un indicador de la CC o reservas de grasa, pero el PV no necesariamente refleja cambios en el estado nutricional de las vacas. Estudios de alimentación invernal han mostrado que la CC disminuye más proporcionalmente que el PV, implicando una mayor pérdida de energía en relación al PV (Whittier *et al.*,

1996). En invierno, generalmente las vacas están en el último tercio de gestación y pueden disminuir su CC, pero seguir ganando peso o perder poco peso. Arango *et al.* (2002) mencionan que la calificación de CC puede ser una herramienta útil para la evaluación del peso corporal de la vaca a un estado de gordura constante.

Los ajustes de peso necesarios para cambiar la CC de vacas Angus a una CC de 5 se muestran en el Cuadro 2.6 (Northcutt *et al.*, 1992; Tennant *et al.*, 2002).

Cuadro 2.6. Peso necesario para ajustar la condición corporal de vacas Angus a una condición de 5.

Calificación Condición Corporal	Peso Corporal (kg) ¹	Cambio de peso (kg) ¹	Peso Corporal (kg) ²	Cambio de peso (kg) ²
2	448	77	444	68
3	473	52	462	50
4	495	30	491	21
5	525	0	512	0
6	564	39	536	24
7	604	79	563	51
8	650	125	585	73

¹ Northcutt *et al.* (1992).

² Tennant *et al.* (2002).

Condición Corporal y Comportamiento Productivo

El consumo de nutrientes de vacas primíparas durante la gestación puede (Spitzer *et al.*, 1995) o no puede (Goehring *et al.*, 1989; Wiley *et al.*, 1991) influenciar el peso al nacimiento (PN) de los becerros. Los PN de becerros de vacas primíparas con una calificación de CC de 5 al parto fueron

significativamente ($P < 0.01$) más altos (1.5 kg) que aquellos de vacas con CC al parto de 4 (Spitzer *et al.*, 1995).

La CC al parto de vacas Angus X Hereford al primer parto no tuvo influencia ($P > 0.05$) sobre el PN, peso al destete ajustado (PDAj) a 205 días ni sobre la ganancia diaria de peso (GDP) predestete de sus becerros (Ciccioli *et al.*, 2003). Comportamientos similares de la CC al parto en vacas primíparas sobre el peso al destete (PD) y GDP predestete han sido reportados en trabajos previos (DeRouen *et al.*, 1994; Spitzer *et al.*, 1995). Diferencias mínimas de CC al parto pueden no tener un efecto significativo sobre la producción de leche y tasa de crecimiento de los becerros; sin embargo, becerros amamantados por vacas con CC 3 al parto fueron más livianos a 105 días postparto (Houghton *et al.*, 1990a) y al destete (Corah *et al.*, 1975) que becerros de vacas con CC 5 al parto.

El consumo de nutrientes postparto de vacas primíparas afectó el comportamiento de las crías. La GDP y el PDAj a 205 días de becerros hijos de vacas que recibieron un nivel nutricional alto postparto independientemente de la CC al parto (4 ó 5) fueron superiores ($P < 0.01$) a los de becerros de vacas con moderado nivel nutricional postparto (Ciccioli *et al.*, 2003). Al incrementar el consumo de energía durante la lactación, incrementa la producción de leche (Perry *et al.*, 1991; Marston *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 2000). La producción de leche y el PD de los becerros están positivamente correlacionados en vacas con aptitud cárnica (Marston *et al.*, 1992). Por otra parte, restricciones en el

consumo de energía postparto de vacas disminuye el peso de los becerros a los 70 días de edad (Perry *et al.*, 1991) y el PD (Richards *et al.*, 1986).

Los cambios de PV y CC antes del parto de vacas que llegan al parto en moderada CC (5 a 6) no tienen influencia sobre el PN (38.6 kg) y PD (223.6 kg) de los becerros (Morrison *et al.*, 1999). Sin embargo, la CC al parto (8 a 14 días postparto) de vacas Hereford y Hereford x Angus adultas paridas en primavera no tuvo influencia sobre el PN y PDAj a 205 días (Lents *et al.*, 1997). Por otra parte, los cambios de PV postparto de vacas primíparas tienen influencia sobre el PDAj a 205 días (Spitzer *et al.*, 1995).

La inadecuada nutrición de las vacas antes y después del parto tiene un efecto negativo sobre el PD de los becerros como resultado de una disminución en la producción de leche (Rutter *et al.*, 2000). Disminuciones entre 5 y 25 por ciento en PDAj a 205 días se esperan con vacas que llegan al parto con una CC menor de 5 y continúan perdiendo PV y CC después del parto. La cantidad de PV y CC perdidas en el año actual dependen de la severidad de la subnutrición. Generalmente las vacas que paren tarde en la época de pariciones, tienen menor pérdida de PV después del parto debido a la mayor cantidad y calidad del forraje disponible (Rutter *et al.*, 2000).

En el Cuadro 2.7 se muestra la pérdida de PD estimado de los becerros al año siguiente basada en varias decisiones de manejo realizadas antes y después del parto para vacas productoras de carne con diferente CC al parto (Rutter *et al.*, 2000).

Cuadro 2.7. Efecto de la condición corporal, el año actual y peso de los becerros al destete al año siguiente.

Manejo de la vaca antes del parto	Condición corporal de la vaca al parto ¹	Manejo de la vaca después del parto	Semanas de retraso en la concepción	Pérdida de peso al destete del becerro al año siguiente (%)
Pierde condición (2.5 a 2.0)	2.0	Pierde condición (2 a 1.5)	10	70 ó más
Mantiene condición (2.0)	2.0	Mantiene condición (2.0)	8	40 ó más
Gana condición (1.5 a 2.0)	2.0	Gana condición (2.0 a 2.5)	5	15 ó más
Pierde condición (3.0 a 2.5)	2.5	Pierde condición (2.5 a 2.0)	2	5
Mantiene condición (2.5)	2.5	Mantiene condición (2.5)	0*	0
Gana condición (2 a 2.5)	2.5	Gana Condición (2.5 a 3.0)	0*	0

Fuente: Rutter *et al.* (2000).

¹ Escala de 1 a 5.

* Conciben los primeros 21 días de la época de apareamientos.

Condición Corporal y Comportamiento Reproductivo

La implementación de técnicas de manejo adecuadas durante los períodos del ciclo anual de producción de las vacas, requiere del conocimiento de los factores e interacciones que afectan el comportamiento de estos animales. Las reservas totales de energía han mostrado que tienen influencia sobre la fertilidad, habilidad lechera y mantenimiento de vacas adultas

(Morrison, 1999) y más importante aún en vacas primíparas (Spitzer *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 1997).

Un resumen de los efectos que la CC y sus cambios tienen sobre el IPP, tasa de preñez, tiempo de la preñez e intervalo entre partos de vacas con época de apareamientos restringida y controlada en los diferentes períodos de ciclo anual de producción, se presentan a continuación.

Preparto (fin de la gestación)

Según Adams (2003), cuando las vacas paren en primavera, generalmente, se mantienen o pierden PV y CC durante el invierno (último tercio de gestación) debido al consumo de forrajes de baja calidad. Morrison *et al.* (1999) y Freetly *et al.* (2000) mencionan que los cambios de CC durante el último trimestre de gestación no tienen influencia negativa sobre el porcentaje de preñez postparto si las vacas llegan al parto con una CC entre 5 y 6. Por su parte, Selk *et al.* (1988) consideran que los cambios de CC de dos a cuatro meses antes del parto son los principales factores que determinan el porcentaje de preñes de vacas que paren en CC menor de 5. Estos investigadores al igual que Dunn y Moss (1992) y Marston *et al.* (1995) concluyen que el porcentaje de preñez de las vacas que tienen buena CC al parto, no es afectada por cambios mínimos en CC antes y después del parto y que pérdidas más severas si afectan el comportamiento reproductivo.

Por otra parte, restricciones en el consumo de nutrientes antes del parto que resulten en vacas delgadas o flacas al parto, tienen un prolongado intervalo postparto y pocas vacas presentan celo durante el período de apareamientos (Dunn y Kaltenbach, 1980; Spitzer *et al.*, 1995).

Vacas adultas (Freetly *et al.*, 2000), novillonas gestantes y vacas jóvenes (Freetly *et al.* 2005) manejadas para lograr una ganancia de peso mínima en el tercio medio de gestación, seguida por una rápida ganancia de peso al final de la gestación e inicio de la lactancia, no tuvieron influencia sobre los porcentajes de pariciones y destete ni sobre el peso al destete de los becerros.

Postparto (parto-inicio del período de apareamientos)

La relación entre nutrición y reproducción es compleja y sus respuestas son frecuentemente demasiado variables. Después del parto, las demandas nutricionales para producción de leche (Selk *et al.*, 1988; Randel, 1990; Wettemann *et al.*, 2003), el estímulo del amamantamiento (Williams, 1990; Stagg *et al.*, 1998; Wettemann *et al.*, 2003), la presencia del becerro (Pérez *et al.*, 2001), número de partos (Short *et al.*, 1990; DeRouen *et al.*, 1994) y raza de la vaca (Short *et al.*, 1990; Pérez *et al.*, 2001) son los principales reguladores de la duración del IPP en vacas con aptitud cárnica. El IPP, es definido como el número de días transcurridos entre el parto y el primer celo manifiesto posparto. Es considerada una característica reproductiva muy

importante debido al impacto que tiene sobre la tasa de preñez, el tiempo de la preñez y el intervalo entre partos de las vacas (Wettemann *et al.*, 2003).

Los efectos nutricionales se vinculan de manera indirecta con el IPP a través de su relación con la síntesis y liberación de las hormonas y/o modificando la respuesta del órgano sensible a la acción hormonal. Estos efectos son producidos por una compleja interrelación entre la cantidad y calidad del alimento consumido, el nivel de reservas de energía acumuladas en el cuerpo del animal y la competencia por el destino de los nutrientes ingeridos en relación al estado fisiológico de las vacas en ese momento.

La CC de las vacas al parto está asociada con la duración del IPP, tasa de preñez, producción de leche, salud y vigor del becerro recién nacido, y en vacas primíparas con la dificultad al parto (Spitzer *et al.*, 1995; Wettemann *et al.*, 2003). En vacas lactantes, una inadecuada nutrición en un corto plazo, o una disminución prolongada de las reservas corporales de energía durante el inicio de la lactancia, puede llegar a tener efectos adversos muy significativos en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto y la tasa de preñez. Con épocas de apareamientos controladas, vacas con CC pobre (menor o igual a 4) al parto y nutrición inadecuada postparto, tienen tasas de preñez de 10 a 18 por ciento menores que vacas con CC de 5 o mayor (Lalman *et al.*, 1997). Lo anterior, es atribuido a que, aunque los requerimientos energéticos para el crecimiento folicular y la preñez son bajos, existe prioridad metabólica en el uso de los nutrientes para mantenimiento y producción de leche.

Vacas con una CC menor de 5 al parto y que pierden PV y CC después del mismo, tienen más bajas tasas de preñez (9 a 29 por ciento) que vacas con CC 5 ó más (Selk *et al.*, 1988; Wettemann *et al.*, 2003). Cambios en la CC entre 4 y 6 tienen un mayor impacto sobre la tasa de preñez que cambios en CC arriba de 6 o menores de 4 (Selk *et al.*, 1988). En adición, las vacas que paren en CC 4 ó menos y conciben, generalmente lo hacen al final de la época de apareamientos, por lo tanto, al año siguiente paren al final de la época de pariciones, tienen menos probabilidades de preñarse y destetan un becerro más liviano en comparación con las vacas que paren con una CC 5 ó mayor.

En el Cuadro 2.8 se muestra el efecto que la CC al parto de vacas primíparas (Spitzer *et al.*, 1995) y multíparas (Richards *et al.*, 1986) tiene sobre la tasa de preñez acumulada. Las vacas primíparas son más sensibles a los efectos de la CC al parto sobre la tasa de preñez. Disminuciones drásticas de 40 a 50 por ciento ocurren cuando las vacas pierden CC de 6 a 4 y alrededor de 16 por ciento cuando la CC disminuye de 6 a 5 (DeRouen *et al.*, 1994; Spitzer *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 1997).

Pocos estudios indican que las vacas que llegan al parto con CC > a 7 tienen problemas de reproducción durante la época de apareamientos (Richards *et al.*, 1986; Houghton *et al.*, 1990b). Sin embargo, estos resultados han sido obtenidos con limitado número de observaciones y no se especifica si las vacas tuvieron CC alta debido a manipulación nutricional o factores fisiológicos que hayan ocasionado problemas reproductivos previos.

Cuadro 2.8. Efecto de la condición corporal al parto sobre las tasas acumuladas de preñez de vacas primíparas y multíparas.

Tipo de Vacas	Condición Corporal	Época de Apareamientos (días)		
		20	40	60
Multíparas ¹	≤ 4	41	67	84
	≥ 5	51	79	91
Primíparas ²	4	27	43	56
	5	35	65	80
	6	47	90	96

¹ = Richards *et al.* (1986).

² = Spitzer *et al.* (1995).

Aunque la CC de las vacas al parto tiene mayor impacto sobre su comportamiento reproductivo, la magnitud y duración de los cambios de PV y CC del parto al periodo de apareamientos también tienen una influencia negativa sobre la duración del IPP y la tasa de concepción (Spitzer *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 1997; Ciccioioli *et al.*, 2003; Wettemann *et al.*, 2003). La pérdida de CC es una medida indirecta de la movilización de tejido adiposo y del BEN en las vacas. La duración del BEN es el principal responsable de la baja eficiencia reproductiva (Lucy, 2003; Butler, 2003).

Vacas con CC al parto menor de 5 y que pierden peso y CC después del parto, presentan un IPP más prolongado (80 a 100 días) y en consecuencia, las vacas tienen menores tasas de preñez (30 a 50 por ciento) que las vacas en adecuada CC (5 a 7) las cuales son menos sensibles a las pérdidas de PV y CC (Houghton *et al.*, 1990b; Spitzer *et al.*, 1995). Ciccioioli *et al.* (2003) mencionan que las vacas que mantienen o pierden PV y CC al inicio de la lactancia tienen IPP más prolongados, son menos fértiles y destetan becerros más livianos que las vacas que ganan PV y CC.

Las vacas que llegan al parto flacas y son alimentadas después del parto para que aumenten su CC y PV no necesariamente mejoran su comportamiento reproductivo, debido a que metabólicamente la vaca cambió sus prioridades en el uso de los nutrientes a producción de leche, pero ocasionalmente, estas vacas tiene tasas de concepción iguales a vacas que parieron con una CC entre 5 y 7 (Houghton *et al.*, 1990b). Sin embargo, el efecto principal de la pérdida de PV y CC postparto es sobre el patrón de distribución de las concepciones, lo cual impacta negativamente el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas al siguiente año. Las vacas primíparas tienen respuestas menores a la alimentación postparto que las maduras (DeRouen *et al.*, 1994; Spitzer *et al.*, 1995; Lalman *et al.*, 1997).

Vacas con un prolongado IPP tienden a preñarse al final de la época de apareamientos, y por lo tanto, menos probabilidades de preñarse en un periodo de apareamientos de corta duración lo cual se reflejará en mayores posibilidades de ser desechadas del hato. En vacas lecheras con estacionalidad en el periodo de apareamientos entre el 13 y 48 por ciento están en anestro al inicio del período de apareamientos (Rhodes *et al.*, 2003).

La adecuada nutrición durante el intervalo de 50 días antes del parto y 90 después del mismo resulta crítica para que la vaca vuelva a preñarse en el periodo de apareamientos y mantener un intervalo entre partos de 365 días. Durante el periodo de apareamientos no es económico mantener vacas flacas o muy gordas. Las vacas necesitan apropiadas reservas de grasa al parto y periodo de apareamientos para asegurar un comportamiento reproductivo

satisfactorio. Las vacas muy gordas presentan un reducido comportamiento en el periodo de apareamientos y dificultades al parto. Se puede concluir que el consumo limitado de energía al final de la gestación e inicio de la lactancia tendrá impactos negativos en el comportamiento reproductivo de las vacas en el siguiente periodo de apareamientos, y en consecuencia en la productividad del hato al año siguiente.

Durante el Período de Apareamientos

La CC al inicio y los cambios de PV y CC durante la época de apareamientos, tienen influencia sobre el número de servicios por concepción, intervalo entre partos y el porcentaje de vacas no gestantes (Herd y Sprott, 1986). Una moderada CC y cambios positivos de la misma durante el período de apareamientos son deseables. Una CC menor de 5 al inicio y durante el periodo de apareamientos, tiene un efecto negativo sobre las tasas de preñez (Herd y Sprott, 1986). Estos autores reportan tasas de preñez de 58, 85 y 95 por ciento para vacas con CC al inicio y durante el periodo de apareamientos ≤ 4 , 5 y ≥ 6 , respectivamente.

Vacas que llegan en buena CC al parto y que pierden PV y CC al inicio de la lactancia y durante el periodo de apareamientos, generalmente tienen bajas tasas de preñez y retardan el tiempo de la preñez comparadas con vacas que mantienen o ganan PV y CC durante el periodo de apareamientos (Adams, 2003).

Destete (tercio medio de gestación)

Vacas con CC pobre al inicio del invierno es probable que lleguen al parto en primavera con una CC pobre (Adams *et al.*, 1987; Adams y Stalker, 2005). Destetes tardíos en otoño (Short *et al.*, 1996; Adams y Stalker, 2005) y/o alta producción de leche (Adams *et al.*, 1993) generalmente resultan en vacas con CC pobre al destete. Del buen manejo nutricional antes del parto, depende en gran parte el comportamiento reproductivo de las vacas al año siguiente.

Mecanismos a Través de los Cuales las Reservas Corporales de Energía Controlan el Intervalo Postparto de las Vacas

Para entender la relación entre nutrición y reproducción postparto de las vacas es necesario conocer los aspectos fisiológicos y endocrinológicos involucrados (Lucy, 2003). El ciclo estrual de una vaca es regulado por el eje hipotálamo-pituitaria-ovarios, el cual produce hormonas que controlan los eventos reproductivos. La función principal de hipotálamo es producir la hormona liberadora de la gonadotropina (GnRH) en respuesta al estrógeno circulante, o el cese en la producción de GnRH en respuesta a la progesterona. La glándula pituitaria está compuesta por el lóbulo posterior y el anterior. El lóbulo anterior produce las hormonas gonadotrópicas: hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) en respuesta a GnRH y estrógeno. La producción de FSH y LH es inhibida por la progesterona. El tercer componente del eje son los ovarios. Los folículos de los ovarios contienen óvulos y producen estrógenos. El cuerpo lúteo es responsable de la

producción de progesterona. Tanto los estrógenos como la progesterona son producidos después que FSH y LH estimulan el ovario. El útero por su parte, contribuye al control reproductivo produciendo prostaglandinas $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$).

La placenta en los rumiantes produce esteroides (progesterona, estrógenos y sus derivados) durante el final de la gestación, y estos, tienen un efecto supresor sobre las hormonas gonadotrópicas. La primera fase de la reproducción postparto consiste en la reanudación de la secreción de LH y FSH. El mecanismo de pulsaciones de LH para la ovulación debe también ser reestablecido. Esta primera fase es de poca duración y las pulsaciones de LH inician de una a dos semanas después del parto y se recupera el mecanismo de oleaje folicular de LH poco tiempo después. El balance energético es el principal factor que afecta la reanudación de las pulsaciones de LH y el impacto relativo de este depende de su intensidad. La FSH es necesaria para el crecimiento del folículo en las vacas postparto, pero no necesariamente es un limitante para la reproducción (Lucy, 2003).

La segunda fase del proceso de reproducción postparto es la involución uterina que en las vacas es rápida y se completa entre 30 y 40 días postparto. El fin de la involución uterina coincide con la recuperación de la fertilidad postparto de la vaca y la involución uterina es considerada como el proceso inicial del reestablecimiento de la fertilidad normal. La involución uterina afecta la secreción de LH y la vida del cuerpo lúteo. Una señal temprana indicativa de que la secreción de gonadotropinas se ha reanudado en el período postparto

de las vacas, es un incremento en la secreción de progesterona (Butler y Smith, 1989).

El anestro postparto facilita la involución uterina. La oxitocina, es liberada durante el amamantamiento y contribuye al proceso de involución uterina debido a que causa contracciones del útero. Estas contracciones sólo pueden ocurrir si existen en el útero receptores específicos de oxitocina. La formación de éstos sólo ocurre si se presentan bajas concentraciones de estradiol y son fuertemente suprimidos por la presencia de progesterona. Después de cuatro días de ocurrida la ovulación, el cuerpo lúteo comienza a secretar progesterona con la consecuente pérdida de receptores de oxitocina (Macmillan, 1997).

El mecanismo por el cual el consumo de nutrientes y las reservas corporales de grasa (CC) regulan el funcionamiento del eje hipotálamo-pituitaria-ovario no se ha podido establecer con claridad. Se especula que las señales metabólicas pueden actuar sobre el eje hipotálamo-pituitaria reduciendo la secreción de gonadotropinas y/o sobre los ovarios alterando la sensibilidad gonadotrópica y la habilidad esteroideogénica (Bossis *et al.*, 1996). En la actualidad, una hipótesis sobre el anestro postparto en bovinos parte de un mecanismo que involucra la secreción de LH, factores metabólicos de crecimiento, desarrollo folicular y secreción de estradiol (Lucy, 2003). Presumiblemente, el incremento en el período de anestro es causado por una disminución en la pulsatilidad de LH que es secundario al BEN. Bajas concentraciones de hormonas metabólicas como la insulina y factor 1 de

crecimiento ligado a la insulina (IGF-1) pueden contribuir a una disminución en las concentraciones de LH en el ovario y crear insensibilidad gonadotrópica del ovario e interrumpen la funcionalidad del folículo dominante.

Adecuadas reservas de energía y suficientes concentraciones de hormonas en el plasma son necesarios para la ovulación de las vacas en el período postparto, y complejas interacciones entre hormonas, compuestos metabólicos y otros factores controlan la maduración folicular, el ciclo estrual y la ovulación de las vacas en el período postparto. Wettemann *et al.* (2003) plantean la hipótesis de que las señales metabólicas que comunican la existencia de suficientes reservas corporales de energía y el consumo de nutrientes, pueden estimular cambios que pueden ser regulados por proteínas ligadas o por los receptores, algunas semanas antes de que ocurra la ovulación, o interactúan con factores estimulantes o inhibidores producidos por el tejido adiposo.

Los cambios en las hormonas metabólicas son dinámicos en las vacas después del parto. Las concentraciones sanguíneas del IGF-1, insulina y leptina, cambian en un corto período de tiempo después del parto (Lucy, 2000; Rhodes *et al.*, 2003). Las concentraciones de insulina y de IGF-1, incrementan gradualmente después del parto, mientras que la concentración de leptina permanece baja durante la lactancia. Así mismo, las concentraciones sanguíneas de estas tres hormonas son mayores en vacas con un balance energético positivo y menores con un BEN.

Las vacas en anestro pueden comenzar a ciclar una vez que la pulsaciones de LH alcancen un nivel adecuado (Lucy, 2003). El incremento en pulsaciones estimula la maduración del folículo dominante el cual produce estradiol que alcanza un nivel tal que desencadena el pico preovulatorio de LH. Cuando la retroalimentación positiva del estradiol ha sido establecida, inicia la ovulación. Hipotéticamente, los mecanismos que incrementan la pulsatilidad de LH a través de sus acciones sobre el hipotálamo y la pituitaria también coordinan un incremento en la sensibilidad del ovario a LH. Por ejemplo, cuando la pulsatilidad de LH incrementa en vacas durante el postparto las concentraciones de insulina e IGF-1 incrementan también, por lo tanto, esta serie de eventos coordinados actúan y promueven el desarrollo folicular y eventualmente ocurre la ovulación (Lucy, 2000; Lucy, 2003).

La probabilidad de ovulación de un folículo dominante, en ausencia de progesterona, está influenciada por su tamaño. Una vez que el folículo crece durante el período postparto (al menos un diámetro de 15 mm), es probable que ovule. Si una vaca pare con una CC de 6 y es alimentada después del parto para mantener o ganar CC al inicio de la lactación es probable que el folículo crezca al menos 15 mm y ovule. Por el contrario, si la vaca pare con CC < de 6 ó pierde CC después del parto, el crecimiento del folículo se retarda y se prolonga el anestro postparto (Macmillan, 1997). La CC al parto tiene mayor influencia sobre el anestro postparto, debido a que un animal con suficientes reservas de energía reduce el déficit de energía o BEN que se presenta al inicio de la lactación y permite una actividad ovárica normal.

Los efectos negativos de la pérdida de CC sobre la reproducción son a nivel de glándula pituitaria. La movilización de reservas corporales después del parto, actúan, tal vez, a través de señales metabólicas combinadas con bajas concentraciones de glucosa e insulina en la sangre junto con elevadas cantidades de ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos, los cuales retardan los pulsos necesarios de LH para estimular los folículos del ovario (Butler, 2003). Concentraciones bajas de insulina en sangre también son responsables de una disminución en la producción de IGF-1 por el hígado, los cuales juntos reducen la sensibilidad del ovario a las gonadotropinas.

Se puede concluir que si el consumo de energía es limitado o están en BEN las vacas movilizan sus reservas corporales de energía (CC) a producción de leche y retardan el tiempo a la primera ovulación, y por lo tanto, otros índices reproductivos.

Factores no Nutricionales que Influyen Sobre el Comportamiento Productivo y Reproductivo

La raza de la vaca, número de partos, duración de la lactancia y fecha del primer parto son considerados factores importantes que tienen influencia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas.

Raza de la Vaca

La raza o tipo racial de las vacas tiene una influencia marcada sobre el comportamiento productivo de las mismas. Así los pesos al nacimiento,

destete y ganancias diarias de peso de los becerros en la etapa predestete, varían entre razas y grupos raciales (BIF, 2002). Las diferencias en peso al nacimiento son atribuidas a diferencias en tamaño corporal y ambiente uterino de la madre (BIF, 2002; Rogers *et al.*, 2002; Rump y Van Vleck, 2004) y el peso al destete y ganancia diaria de peso predestete a diferencias en el nivel de producción de leche y tamaño corporal (BIF, 2002).

García-Elizondo *et al.* (2001) reportan que al comparar el desempeño productivo y reproductivo de vacas Charolais y Hereford mantenidas en agostadero con periodo de apareamientos controlado, no detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre razas para porcentaje de preñez, intervalo parto-concepción e intervalo entre partos, pero si ($P < 0.10$) para porcentaje de pariciones (91.5 y 85.5 por ciento) y destete (88.0 y 80.4 por ciento) para vacas Charolais y Hereford, respectivamente. Las vacas Charolais fueron más pesadas ($P < 0.01$) al parto y destete y produjeron becerros ($P < 0.01$) con mayores pesos al nacer, destete real y ajustado a 205 días de edad y mayores GDP predestete que los becerros de las vacas Hereford. Las vacas Hereford fueron más eficientes ($P < 0.01$) en kilogramos de becerro destetado por vaca (209 kg) que las Charolais (198 kg) e igual de eficientes cuando se calculó en base al peso al destete ajustado a 205 días (194 kg promedio). Concluyen que las vacas de raza Hereford fueron más fértiles que las Charolais, pero esta ventaja no se reflejó en los kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta a toro.

Número de Partos

El número de partos de una vaca está estrechamente relacionado con la edad de la vaca. Las vacas jóvenes (menores de 5 años), producen menor cantidad de leche debido a que son fisiológica y biológicamente inmaduras, situación que se refleja en menores GDP y peso al destete (PD), en comparación con las vacas adultas. Lo anterior se pueden atribuir al efecto de la edad de la madre (BIF, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004). La edad de la vaca también afecta el peso al nacer de los becerros, siendo más livianos los becerros de vacas jóvenes comparados con los de vacas adultas (BIF, 2002).

El comportamiento reproductivo óptimo en las vacas productoras de carne, es algunas veces limitado por la prolongada duración del IPP (Wettemann *et al.*, 2003; Ciccioli *et al.*, 2003). Las vacas de primero y segundo parto, presentan un IPP más prolongado que las de tres o más partos (Short *et al.*, 1990). Se ha reportado que las hembras apareadas para parir a los dos años de edad reasumen la función ovárica de 20 a 40 días más tarde que las vacas maduras (Wiltbank, 1970). El estrés al parto y los efectos combinados de crecimiento y primera lactación imponen requerimientos nutricionales mayores (NRC, 2000) que algunas veces no son satisfechos completamente cuando las vacas consumen forrajes de baja calidad y se presenta una mayor movilización de reservas corporales (pérdida de CC), lo que genera un BEN más prolongado y de mayor magnitud que en las vacas de tres o más partos (Ciccioli *et al.*, 2003).

Por otra parte, el consumo inadecuado de nutrientes antes (Bellows *et al.*, 1982) y después del parto (Grimard *et al.*, 1995) tiene mayores efectos negativos en la reproducción postparto en vacas primíparas que en vacas maduras. El IPP es afectado por la CC al parto de las vacas jóvenes y por los cambios de CC después del parto (Lalman *et al.*, 1997; Lalman *et al.*, 2000; Ciccioi *et al.*, 2003).

En el Cuadro 2.9 se presenta el IPP predicho de vacas jóvenes con diferente CC al parto y con pérdida y ganancia de CC después del parto. Se puede observar que las vacas que llegan al parto con CC entre 3 y 4 no pueden ganar suficiente CC para alcanzar el mismo comportamiento reproductivo que las que paren con CC > a 4. Si las vacas se deben preñar 85 días después del parto para mantener un intervalo entre partos de 365 días, las vacas que paren en CC 3 y 4 no ciclan en este período de tiempo.

Cuadro 2.9. Intervalo postparto esperado de vacas jóvenes con diferente condición corporal al parto y cambios de condición postparto.

Condición Corporal	Cambios de CC hasta 90 días Postparto						
	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0
3	189	173	160	150	143	139	139
4	161	145	131	121	115	111	111
5	133	116	103	93	86	83	82
5.5	118	102	89	79	72	69	66

Fuente: Lalman *et al.* (1997).

Duración de la Lactancia

En ambientes áridos y semiáridos, las fechas del parto y destete, determinan la edad a que se destetan los becerros y en consecuencia la

duración de la lactancia de las vacas (Grings *et al.*, 2003; Grings *et al.*, 2005). La fecha en que se realiza el destete es considerada una actividad rutinaria dentro del manejo del ganado en los hatos de cría. Sin embargo, puede tener consecuencias biológica y económicamente adversas debido al efecto que tiene sobre el PV y CC de las vacas al destete, tasa de preñez, costos de suplementación invernal, demanda de forraje y rentabilidad (Adams y Stalker, 2005). Como consecuencia de lo anterior, la duración de la lactancia o edad al destete de los becerros tiene, además, influencia sobre el comportamiento productivo de la vaca y del becerro en el año de la lactancia y sobre el comportamiento reproductivo y productivo en la lactancia siguiente.

El peso al destete de los becerros está influenciado por factores genéticos, manipulaciones ambientales y por la edad al destete o duración de la lactancia (Short *et al.*, 1996). Cuando el destete es en una fecha preestablecida, las vacas que paren al inicio de la época de pariciones, generalmente tienen lactancias más prolongadas y destetan becerros más pesados, comparados con los becerros hijos de vacas que paren al final (Wiltbank, 1994; Short *et al.*, 1996).

El destete precoz ha sido utilizado como herramienta de manejo para reducir la duración de la lactancia de las vacas (Whittier *et al.*, 1996; Story *et al.*, 2000). Es considerada una práctica viable principalmente en las zonas áridas y semiáridas, debido a que puede incrementar la disponibilidad de forraje, la CC de las vacas y la GDP y PD de los becerros (Short *et al.*, 1996). El destete precoz (90 a 180 días) de los becerros, puede disminuir las pérdidas

excesivas de PV y CC algunas veces asociadas a períodos de lactación normales o tradicionales (180 a 270 días) de vacas en pastoreo (Houghton *et al.*, 1990a; Randel, 1990; Bishop *et al.*, 1994). IPP más cortos, mayores tasas de preñez al primer servicio y altas tasas totales de preñez han sido reportadas cuando los becerros fueron destetados antes del inicio de la época de apareamientos (Short *et al.*, 1996).

Aunque el objetivo de realizar destete precoz y consecuentemente lactancias más cortas ha sido mejorar el desempeño reproductivo de las vacas, el comportamiento de los becerros es una variable crítica en un sistema de manejo que incluía el destete a edades menores de lo normal o tradicional. Schultz *et al.* (2005) mencionan que el comportamiento de becerros nacidos en primavera y destetados a una edad temprana (106 días) y posteriormente alimentados en corral, tienen GDP y pesos al destete comparables a las de los becerros destetados a una edad normal (205 días). Así mismo, las vacas que destetaron los becerros a menor edad, tuvieron una CC y PV similares al momento del destete temprano y mayor PV y CC al tiempo del destete normal.

Grings *et al.* (2003) mencionan que cuando los becerros son destetados en diferentes fechas y en consecuencia a diferentes edades (106 y 205 días), la fecha de destete no afecta ($P>0.10$) el comportamiento de vacas y becerros al destete en años subsecuentes y que la tasa de preñez (87.9 por ciento), no fue influenciada ($P>0.10$) por la fecha del parto. El PV y CC de las vacas fueron similares cuando se realizó el destete precoz (106 días) y diferentes al tiempo del destete normal o tradicional (205 días) a favor de las vacas que

destetaron precozmente. Concluyen que las fechas de parto y destete, tienen influencia sobre el peso al destete de los becerros en unidades de producción basadas en el pastoreo de forrajes.

Fecha del Primer Parto

La fecha del parto tiene una influencia marcada sobre el desempeño productivo y reproductivo de los animales. Con época de partos al final del invierno y principios de primavera, Clement *et al.* (2003) mencionan que el peso al nacimiento de los becerros es mayor para los que nacen al inicio que los que nacen al final de la época. Estos autores atribuyen lo anterior a la mejor CC de las vacas al parto. Pesos al nacer más livianos de becerros de vacas jóvenes (2 a 4 años) han sido reportados por otros autores (BIF, 2002; Rogers *et al.*, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004). Estas diferencias se han atribuido al ambiente uterino de las vacas maduras, comparadas con sus contemporáneas más jóvenes o más viejas. Elzo *et al.* (1987) mencionan que las vacas entre 5 y 8 años de edad, tuvieron una mayor capacidad para proveer los nutrientes necesarios y ambiente uterino para el desarrollo del feto, comparadas con las vacas jóvenes (menores de 5 años) que aún están en desarrollo y requieren nutrientes extras para crecer.

Cuando el destete se realiza en una fecha determinada, generalmente, los becerros que nacen al inicio del periodo de pariciones son más pesados al destete, que las que nacen al final, debido a su mayor edad al destete (Short *et*

al., 1996; May *et al.*, 1999; Grings *et al.*, 2000; Clement *et al.*, 2003; Hess, 2005). Sin embargo, las GDP predestete pueden ser iguales.

La fecha del parto es considerada una característica reproductiva importante. Está altamente influenciada por la prontitud con la cual quede preñada la vaca durante la temporada de servicios. Se ha reportado que las vacas que paren al final de la época de pariciones, algunas veces no muestran celo antes de que finalice la época de apareamientos (Vargas *et al.*, 1999).

Cuando la época de apareamientos es de corta duración, las vacas que paren al inicio del periodo de pariciones probablemente presentan su primer celo antes del inicio del siguiente periodo de apareamientos, pero están imposibilitadas para concebir debido a que aún no habían sido expuestas al toro, y consecuentemente presentan intervalos entre partos más largos (Werth *et al.*, 1996).

Los kilogramos totales de becerro destetado por vaca (Cundiff *et al.*, 1992) y el intervalo entre partos (Rege y Famula, 1993) son indicadores frecuentemente utilizados para evaluar la vida productiva de vacas de aptitud cárnica. Sin embargo, en situaciones en donde, por limitaciones nutricionales y/o de mercado, se tienen épocas de apareamientos preestablecidas, el intervalo entre partos es un indicador que impacta negativamente en la evaluación reproductiva de las vacas que paren temprano en la época de pariciones (de Torre y Brinks, 1990). Por lo anterior, se ha explorado la posibilidad de utilizar la fecha del primer parto de las novillonas como un

indicador de su productividad futura y por lo tanto, utilizarlo como criterio de selección de vacas jóvenes (Bourdon y Brinks, 1983; Meacham y Notter, 1987; de Torre y Brinks, 1990; Marshall *et al.*, 1990; García Paloma *et al.*, 1992).

Cuando la época de apareamientos es menor de 90 días al año, la GDP predestete de los becerros y los pesos promedio de vacas al parto y destete, son similares en la vida productiva de vacas que paren por primera vez, al inicio, mitad y final de la época de pariciones (García Paloma *et al.*, 1992; Clement *et al.*, 2003). En sus primeros tres partos las vacas presentan menores pesos al parto y destete que en los siguientes partos. Estas diferencias son atribuibles al avance de la madurez fisiológica y biológica de las vacas (BIF, 2002; Rogers *et al.*, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004).

Troxel y Wallace (2001) y BIF (2002) aseveran que la eficiencia económica y biológica de las vacas es proporcional al peso al destete de las crías por unidad de peso de sus madres. Esta relación puede ser considerada como un indicador de eficiencia biológica de la vaca al destete (MacNeil, 2005). El numerador indica salidas y el denominador entradas, pensando en la asociación comúnmente aceptada de peso de la vaca y requerimientos de alimento. Estos autores contradicen la creencia general de que la relación entre peso al destete del becerro y peso al destete de la vaca equivalente a peso maduro sea un adecuado criterio de selección de vacas productoras de carne.

Davis *et al.* (1983) reportan una relación inversa entre el peso de la vaca al destete y su eficiencia. Las vacas de talla pequeña son más eficientes

al destete que las de talla grande. Por otra parte, Kress *et al.* (2001) y Troxel y Wallace, (2001) reportan que la eficiencia al destete disminuye conforme aumenta el número de partos, como consecuencia natural del incremento en edad y peso corporal al destete de la vaca y mencionan que en general, a mayor eficiencia biológica al destete, mayor es la eficiencia económica en la producción comercial de bovinos productores de carne.

3. ARTÍCULOS

Efecto de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo de vacas Charolais y Hereford en agostadero.

Efecto de la duración de la lactancia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Charolais en agostadero.

Efecto de la fecha del primer parto sobre la vida productiva de vacas Charolais.

EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS CHAROLAIS Y HEREFORD EN AGOSTADERO

Roberto García Elizondo, Ramiro López Trujillo, Miguel Mellado, Eduardo Aizpuru García, Heriberto Díaz Solís y Joel Maltos Romo

(Enviado para su publicación a: **Interciencia**)

Roberto García Elizondo. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Maestro en Ciencias. Alumno de Doctorado del Programa de Postgrado en Zootecnia Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. Profesor investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Ramiro López Trujillo. Ph.D. Nutrición de rumiantes. New Mexico State University Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Miguel Mellado. Ph.D. Reproducción y Genética Animal. Cornell University. Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: mmellbosq@yahoo.com

Eduardo Aizpuru García. Ph.D. Ecología de pastizales. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: eaizgar@uaaan.mx.

Heriberto Díaz Solís. Dr. En Ciencias. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigador nacional. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: hdiaz@uaaan.mx.

Joel Maltos Romo. Ph.D. Genética Animal. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315. e-mail: jmalrom@uaaan.mx.

RESUMEN

Se utilizaron 621 registros de producción obtenidos de 1995 a 1999 para determinar los efectos de condición corporal al parto (CCP; escala de 9 puntos) y cambio de condición del parto al destete (CCPD) sobre el crecimiento de becerros y fertilidad de vacas Charolais y Hereford utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y diferente número de repeticiones. Los animales fueron la unidad experimental. CCP

afectó ($P < 0,01$) el peso al destete ajustado a 210 días (PDAj) y ganancia diaria de peso predestete (GDP) de los becerros y eficiencia de la vaca al destete (EFD). A mayor CCP mayor PDAj, GDP y menor EFD. Los CCPD, no tuvieron influencia ($P > 0,05$) sobre la GDP (980 ± 13 g) y PDAj (245 ± 3 kg). CCP y CCPD no afectaron ($P > 0,05$) el día juliano a la preñez (182), intervalos parto-preñez (90 días), inicio del período de apareamientos-preñez (26 días) y entre partos (375 días). CCP y los CCPD tuvieron influencia ($P < 0,01$) sobre el porcentaje de preñez (PP). El PP fue más alto ($P < 0,01$) para vacas con CCP 5 y 6 (82%) que en vacas con $CC \geq 7$ (73%) y < 5 (62%). El PP fue afectado ($P < 0,01$) por los CCPD. El 90% de las vacas que ganaron más de 1,5 unidades de condición corporal se preñaron comparadas con las que perdieron (59%), mantuvieron (70%) o ganaron < 2 unidades (81%). Estos resultados reafirman la importancia que tienen las reservas corporales de energía sobre el crecimiento de becerros y comportamiento reproductivo de las vacas en agostadero.

PALABRAS CLAVES / Partos / Peso al destete / Reproducción / Vacas productoras de carne / zona semiárida /

SUMMARY

Data from 621 production records obtained from 1995 to 1999 were used to determine the effects of body condition score (BCS; 9-point scale) at calving and BCS Changes from calving to weaning on calves growth and fertility of Charolais and Hereford cows. A completely randomized design were used with factorial arrangement of treatments and different number of replications.

Animals were used as the experimental unit. The weaning weight adjusted at 210 days of age (AWW), preweaning daily weight gain (ADG), and cow weaning efficiency (CWE) were affected ($P < 0.01$) by BCS at calving. At higher BCS at calving, higher AWW and ADG, and lower CWE. Postpartum BCS changes did not influence ($P > 0.05$) PDG (980 ± 13 g) and AWW (245 ± 3 kg). Both BCS at calving and postpartum BCS changes affected ($P < 0.01$) pregnancy rate (PR) and did not affect ($P > 0.05$) Julian calving day (182) and intervals between calving-conception (90 days), beginning of breeding season-conception (26 days) and among two consecutive calving (375 days). The PR was highest ($P < 0.01$) for cows with BCS 5 and 6 (82%) than cows with $BCS \geq 7$ (73%) and < 5 (62%). Cows that gained more than 1.5 units of BCS had the highest PR (90%) compared with cows that lost (59%), maintained (70%), or gained < 2 units of BCS (81%). Results of this study reaffirm the importance that body energy reserves have on calf growth and cow reproductive performance on rangelands.

Introducción

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México predominan las explotaciones de bovino productor de carne, las cuales tienen como propósito la producción y venta de becerros al destete para exportación. Una característica común de estas explotaciones es la baja productividad de los hatos, la cual deriva de una inadecuada nutrición de las vacas durante las etapas claves de su ciclo anual de producción (Carpenter, 1998).

El efecto del estado nutricional de las vacas sobre su comportamiento productivo y reproductivo es muy importante. Cuando el consumo de nutrientes es inadecuado las vacas movilizan sus reservas corporales de energía y puede causar efectos adversos sobre la reproducción (Richards *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988). La herramienta de campo utilizada para estimar la dinámica entre el gasto y consumo de metabolitos es la condición corporal de los animales, la cual es un buen indicador de las reservas energéticas de los mismos (Houghton *et al.*, 1990b).

Gran parte de la información relacionada con los efectos de la condición corporal y sus cambios antes y después del parto sobre el comportamiento productivo y fertilidad del ganado productor de carne se ha generado en estudios donde las condiciones nutricionales han sido controladas. Así, se sabe que el último tercio de gestación y los primeros tres meses de lactación, son los períodos nutricionales más críticos del ciclo reproductivo de la vaca (Wettemann *et al.*, 2003) y que la fertilidad de las vacas es sensible al consumo y disponibilidad de reservas corporales de energía (Hawkins *et al.*, 1999). El inadecuado consumo de energía de las vacas antes del parto, la pobre condición corporal al parto (Morrison *et al.*, 1999; Wettemann *et al.*, 2003) y la pérdida de reservas corporales de energía postparto (Lalman *et al.*, 1997) afectan negativamente el porcentaje de preñez de las vacas.

En México y principalmente en las zonas semiáridas, existe poca información sobre los efectos de la condición corporal y sus cambios sobre el comportamiento productivo y reproductivo en su ciclo anual de producción de

vacas productoras de carne con apareamientos de corta duración y pastoreo anual en agostadero. Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar si la condición corporal al parto y sus cambios del parto al destete afectan el comportamiento de los becerros y el subsecuente desempeño reproductivo de vacas Charolais y Hereford de diferentes edades en agostadero.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

Se obtuvieron y registraron características de producción de 1995 a 1999 de ganado Charolais y Hereford del Rancho “Los Ángeles” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado en el noreste de México (25° 04'N y 100° 58'O). La región es considerada como semiárida, con un pastizal característico del desierto Chihuahuense. El promedio de altitud es de 2250 msnm, la temperatura media anual es de 13,4°C y el promedio de precipitación pluvial es de 336 mm anuales, con 72% de su ocurrencia entre los meses de junio a octubre, como se muestran en la Figura 1 (CONAGUA, 2006). Las gramíneas predominantes son *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*. Las herbáceas más abundantes son *Sphaeralcea angustifolia*, *Solanum eleagnifolium*, y *Ceratoides lanata*, y las arbustivas más abundantes son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Agave lechuguilla*, *Dasyilirion cedrosanum*, *Nolina cespitifera* y *Yucca carnerosana* (Vásquez, 1989).

Animales y su manejo

Se utilizaron 621 registros de producción obtenidos durante los años de 1995 a 1999, de 242 vacas Charoláis (n=203) y Hereford (n=39), de 3 a 12 años de edad ($5,7 \pm 2,2$) amamantando becerro. Los animales fueron manejados extensivamente en 6704 ha de agostadero durante todo el año. El sistema de pastoreo fue rotacional diferido con 20 potreros y una presión de pastoreo entre 15 y 20 ha por unidad animal año. El manejo de las vacas y sus becerros en los diferentes años fue similar. Se utilizó, una época de apareamientos de 90 días (01 de junio a 31 de agosto) utilizando un toro de la misma raza por cada 20 a 30 vacas. Las novillonas se aparearon por primera vez alrededor de los dos años de edad, iniciando 15 días antes que las vacas. Todas las novillonas fueron inseminadas artificialmente, después de la sincronización de celos, y posteriormente fueron expuestas a toros de la misma raza.

Los partos ocurrieron a finales del invierno y primavera (abril 01 ± 26 días) y el destete de los becerros en otoño (noviembre 02 ± 26 días), a los siete meses de edad (211 ± 26 días). Los becerros machos no fueron castrados ni recibieron suplementación alimenticia antes del destete. Las vacas no gestantes o que no destetaron becerro eran sistemáticamente eliminadas del hato. La fecha de la preñez durante el periodo de apareamientos para cada vaca fue determinada retrospectivamente después de que la vaca parió un becerro vivo o muerto, restando 285 días a la fecha del parto a las vacas Charolais (Crews, 2006) y 283 días a las Hereford (BIF, 2002). Las vacas tuvieron acceso, durante todo el año, a una mezcla de sal, fósforo y minerales

traza. Además, se les inyectó, a finales de invierno, vitaminas A, D y E, y en algunos años recibieron, en invierno, un suplemento proteico (excreta de pollo, con 24% de proteína cruda a razón de 1 kg diario por animal durante 60 a 90 días).

Mediciones

Se realizaron mediciones y registros anuales para cada animal de la fecha de nacimiento y destete, sexo, pesos al nacer (tomado dentro de las primeras 24 horas de vida) y destete de los becerros. Para las vacas se registró la raza, edad, número de partos, día juliano del parto (1=1 de enero y 365 = 31 de diciembre) y destete, diagnóstico de gestación al tiempo del destete, condición corporal (CC) al parto (CCP), inicio y final de la época de apareamientos y al destete. Con la información anterior, se calculó, para los becerros: la edad al destete, ganancia diaria de peso predestete (GDP) y el peso al destete ajustado a 210 días de edad (PDAj). Para las vacas: los cambios de CC del parto al destete (CCPD), la eficiencia de las vacas al destete (EFD; relación entre el PDAj del becerro y el peso al destete de la vaca ajustado a edad adulta), porcentaje de preñez (vacas lactantes que se preñaron con relación al número de vacas expuestas a toro), día juliano de la preñez e intervalos entre parto-inicio del periodo de apareamientos, inicio del periodo de apareamientos-preñez (tiempo de la preñez), parto-preñez (días abiertos) y entre dos partos consecutivos (intervalo entre partos). El peso de la vaca al destete fue ajustado (BIF, 2002) a peso dietado (peso vivo al destete por 0,96) y equivalente adulto (5 años de edad) utilizando factores de ajuste multiplicativo derivados de la base de datos generada para estos animales (MacNeil, 2005). Los factores de

ajuste fueron 1,105 y 1,045 para vacas de tres y cuatro años de edad, respectivamente.

Se utilizó el sistema de calificación de CC con escala de 9 puntos donde 1 corresponde a vacas muy flacas, 5 moderada y 9 muy gordas (Richards *et al.* 1986). La calificación de CC fue realizada por la misma persona cuatro veces al año, durante los cinco años. Para propósitos de análisis, las variables independientes fueron categorizadas como sigue: año (1995 a 1999), CCP (<5; 5 y 6; y ≥ 7), CCPD (vacas que perdieron (-1,5 a -0,5), se mantuvieron (0), ganaron (0,5 a 1,5) y ganaron ($\geq 2,0$) unidades de CC).

Análisis estadístico

En el análisis de varianza se utilizó un modelo de clasificación de efectos fijos con diferente número de unidades experimentales, utilizando el procedimiento general de modelos lineales (SAS 1989). Dos modelos estadísticos fueron utilizados para explicar las variaciones en las características estudiadas. En el modelo 1 se analizaron los efectos de año, CCP, CCPD y sus interacciones simples sobre el PDAj, GDP y EFD. El modelo incluyó sexo, peso al nacer, raza (Charolais y Hereford), número de parto (primíparas y pluríparas) y edad de la vaca como covariables. Para hacer comparaciones adecuadas de las variables independientes sobre el peso al destete de los becerros, estos fueron ajustados a 210 d de edad (BIF 2002). El modelo 2 se utilizó para evaluar el comportamiento reproductivo de las vacas, en el análisis de varianza se incluyeron los efectos de año, CCP, CCPD y sus interacciones simples sobre el día de la preñez, e intervalos del parto a la

preñez, inicio del periodo de apareamientos (PA) a la preñez y entre partos. La raza, número de parto, día juliano al parto e intervalo del parto al inicio del PA fueron incluidos como covariables. Cada vaca fue considerada como una unidad experimental. Se utilizó la distribución de Chi-cuadrada para comparar los porcentajes de preñez (PP). Los modelos fueron reducidos omitiendo todas las interacciones no significativas ($P < 0,05$). Los resultados en texto y cuadros se expresan como promedios estimados por mínimos cuadrados y fueron comparados utilizando la prueba de Tukey-Kramer (Steel y Torrie, 1980).

Resultados y Discusión

El efecto de año de parto fue significativo ($P < 0,01$) para todas las variables analizadas. El análisis de esta fuente de variación se omite por ser un lugar común y por la diversidad de factores de manejo y climáticos que participan en su manifestación. Su inclusión en el modelo fue con el propósito de reducir la magnitud del error experimental.

Los valores promedio de cinco años de CC para vacas y vaquillas Charolais y Hereford en diferentes estados fisiológicos se muestran en la Figura 2. Las vacas disminuyeron su CC antes del parto ($1,19 \pm 0,6$ unidades) y al inicio de la lactancia ($0,45 \pm 0,5$) y ganaron ($1,18 \pm 0,6$) del inicio del PA al destete. La disminución de CC antes del parto se atribuyen a la mala calidad del forraje, lo cual se refleja generalmente en pérdidas de peso y CC (DeRouen *et al.*, 1994).

La CCP tuvo influencia ($P < 0,01$) sobre el crecimiento de los becerros (Tabla I). A mayor CCP, mayores fueron el PDAj y la GDP. Las vacas con CCP < 5 destetaron becerros con un promedio de 234 kg y fueron 9 y 17 kg más livianos que los de vacas con CCP entre 5 y 6 y ≥ 7 , respectivamente.

La inadecuada nutrición de las vacas antes y después del parto puede tener un efecto negativo sobre el PDAj a 205 días y la GDP de los becerros como resultado de una disminución en la producción de leche (Rutter *et al.*, 2000). Disminuciones entre 5 y 25% en PDAj a 205 días se esperan con vacas que llegan con CCP < 5 y continúan perdiendo peso y CC después del parto. En el presente estudio las disminuciones en PDAj fueron alrededor de 7% para las vacas con CCP menor de 5 (Cuadro 1). Sin embargo, estos animales ganaron CCPD (1,04 unidades) y esto se pudo reflejar, aunque no se midió en este estudio, en mayor producción de leche de la vaca y consecuentemente en mayores GDP y PDAj (NRC, 2000; BIF, 2002).

En estudios donde las diferencias en CCP son muy pequeñas (1 ó 2 unidades), se ha reportado que la CCP no tiene influencia sobre el crecimiento de los becerros al destete. Ciccioli *et al.* (2003) reportan que la CCP de vacas Angus X Hereford al primer parto no tuvo influencia ($P > 0,05$) sobre el PDAj a 205 días y GDP de sus becerros. Comportamientos similares en vacas primíparas han sido reportados en trabajos previos (DeRouen *et al.*, 1994; Spitzer *et al.*, 1995). Diferencias mínimas de CCP pueden no tener efecto ($P > 0,05$) sobre la producción de leche y tasa de crecimiento de los becerros; Lake *et al.* (2005) no detectaron efecto de la CCP sobre GDP de los becerros

en vacas que mantuvieron CC de 4 durante la lactancia y vacas que parieron con CC 6 y perdieron CC durante la lactancia.

Se observó una relación inversa (Tabla I) entre CCP y CCPD. A menor CCP mayores fueron las ganancias en CC del parto al destete, y una relación directa con CC y peso vivo (PV) al destete (a menor CCP menor CC y PV al destete). Los cambios en CC ocurrieron en todos los años, a excepción de 1997, del inicio del PA al destete (verano-otoño) que coincide con la época de lluvias (Figura 1). En 1997, las lluvias fueron más abundantes e iniciaron antes de lo normal y en 1999 se retrazaron y se prolongó el período de sequía de noviembre de 1998 a junio de 1999.

Al analizar la relación entre PDAj a 210 días de los becerros y el peso vivo de las vacas al destete ajustado a edad adulta, como una mediada de eficiencia de la vaca al destete (EFD), se encontraron diferencias ($P < 0,01$) entre vacas que diferían en CCP. Las vacas con menor CC fueron más EFD que vacas con mayor CCP (Tabla I). Lo anterior es atribuido a que, aunque las vacas con menor CCP destetaron becerros entre 8 y 17 kg más livianos, las vacas pesaron entre 58 y 115 kg menos al destete después de haber sido ajustadas a equivalente adulto, y en consecuencia presentaron valores más altos de EFD.

Las vacas iniciaron el período de apareamientos 65 ± 26 días después del parto (Tabla I). La CCP no tuvo influencia ($P > 0,05$) sobre el comportamiento reproductivo de las vacas, a excepción del porcentaje de preñez (PP). El día

juliano de la concepción fue de 183 días en promedio y los intervalos del parto a la preñez, inicio del PA a la preñez y entre partos fueron 92, 28 y 377 días, respectivamente. El Intervalo del parto a la concepción concuerda con lo reportado por Richards *et al.* (1986) y Morrison *et al.* (1999), quienes obtuvieron intervalos de 87 y 84 días para vacas que parieron con CC entre 5 y 6 y ≥ 7 , respectivamente. Sin embargo, Laflamme y Connor (1992) reportan intervalos de 68 días para vacas que parieron en moderada CC y alimentadas después del parto para mantenerse o ganar CC.

De las características reproductivas estudiadas, sólo PP fue afectado por la CCP (Tabla I). Las vacas con CCP 5 y 6 tuvieron el PP más alto (82%) en promedio de los 5 años de estudio. Lo anterior representa 20% más que vacas con CCP <5 y 9% más que vacas con CC ≥ 7 . En la Figura 3 se muestran los PP para vacas con CC entre 3 y 8. El PP incrementó de 55 hasta 85 para vacas con CCP de 3 y 6, respectivamente, y disminuyó hasta 70% en vacas con CCP de 8. Lo anterior permite aseverar que si las vacas llegan al parto con CC 6, se esperarían mayores porcentajes de preñez y destete, y por lo tanto mayor productividad en el hato.

Resultados similares han sido reportados por diferentes autores en vacas adultas y de primer parto. Richards *et al.* (1986) mencionan que el PP de vacas adultas con CCP >5 fue más alto que el de vacas delgadas (CC <5). DeRoguen *et al.* (1994) reportan que el PP fue afectado por la CCP después de que éstas fueron ajustadas por cambios de CC y PV antes del parto. Vacas con CC de 6 y 7 tuvieron más altos porcentajes de preñez (87,0 y 90,7) que

vacas con CC 4 y 5 (64,9 y 71,4). Lake *et al.* (2005) mencionan que la CCP no tuvo influencia sobre el PP al primer servicio, pero el porcentaje total fue mayor para vacas con CC 6 al parto.

Morrison *et al.* (1999) mencionan que los cambios de CC antes del parto no afectaron el porcentaje de vacas que presentaron ciclos estruales normales ($66 \pm 7\%$) antes del inicio del periodo de apareamientos de vacas pluríparas con periodo de apareamientos de 60 días que iniciaron 55 días promedio después del parto. Estos valores son mayores al 43% observado por Selk *et al.* (1988) en vacas en pastoreo extensivo. Por su parte, Marston *et al.* (1995) observaron que el porcentaje de preñez de vacas que tienen buena CC al parto no es afectado por cambios mínimos en CC antes y después del parto, y que pérdidas más severas si afectan el comportamiento reproductivo. Looper *et al.* (2003) mencionan que el intervalo entre el parto y el primer celo normal postparto, fue 58,3 días para vacas pariendo en CC moderada y 93,3 para vacas que llegan al parto en CC delgada. Houghton *et al.* (1990a) reportan que cuando la CC al parto varía de 3 a 8 el intervalo del parto al inicio de los ciclos estruales disminuye de 88 a 31 días. Las vacas con CC 5 tuvieron un intervalo de 59,4 días. Aunque en este estudio no se determinó el intervalo del parto al primer celo postparto, y considerando que el intervalo entre el parto al inicio del PA fue de 65 días promedio, es probable que algunas vacas hayan tenido ciclos estruales antes del inicio del periodo de apareamientos lo cual se reflejó en el comportamiento reproductivo similar en las vacas.

En promedio las vacas ganaron CC del parto al destete ($0,72 \pm 0,5$ unidades). En la Tabla II, se observa que los cambios de CC del parto al destete (CCPD) no tuvieron influencia ($P > 0,05$) sobre las características de los becerros y el desempaño reproductivo de las vacas, con excepción del PP ($P < 0,01$). Las vacas flacas al parto ganaron más CC que vacas gordas y esto posiblemente influyó en el comportamiento reproductivo tan similar entre vacas de diferente CCP. El PP de vacas que ganaron CC fue mayor a las de vacas que mantuvieron o perdieron CC (Figura 4). El PP varió de 59 a 90% para vacas que perdieron de 0,5 a 1,5 unidades de CC a las que ganaron 2 ó más unidades, respectivamente. Las diferencias representan entre 10 y 11% para las vacas agrupadas en las diferentes categorías en este estudio.

Aunque en este estudio no se encontraron efectos ($P > 0,5$) de los cambios de CC después del parto sobre el crecimiento de los becerros, otros estudios (Ciccioli *et al.*, 2003) indican que si las vacas reciben nutrientes extras al inicio de la lactancia, los becerros tienen mayores GDP y son más pesados al destete, independientemente de su CC al parto (4 o 5). Perry *et al.* (1991), Marston *et al.* (1995) y Lalman *et al.* (2000) reportan que al incrementar el consumo de energía durante la lactación se incrementa la producción de leche, y en consecuencia las GDP y PD de los becerros son mayores. Por otra parte, restricciones en el consumo de energía de las vacas después del parto, disminuye el peso de los becerros a los 70 días de edad (Perry *et al.*, 1991).

Al combinar características productivas con reproductivas, se encontró que las vacas con menor CCP fueron menos productivas debido a que

destetaron becerros más livianos (234 kg), y tuvieron el más alto porcentaje (38) de vacas no gestantes en el PA. Por otra parte, el bajo PP (62%), se verá reflejado en menor productividad al año siguiente al parir menos vacas, y por lo tanto destetar menos becerros.

En ambientes semiáridos los PP observados en este trabajo, se consideran aceptables considerando que las vacas estuvieron amantando becerro. Wettemann *et al.* (2003) han reportado que el estímulo del amamantamiento afecta la duración del período de anestro posparto, y por lo tanto el porcentaje de preñez y el tiempo de la preñez durante el PA. En este estudio, posiblemente no se encontró este efecto debido a que, en promedio, las vacas tuvieron un período de 65 días del parto al inicio del PA y ganaron CC durante este periodo.

Conclusiones

Los resultados de este estudio reafirman la importancia de las reservas corporales de energía sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas productoras de carne en agostadero con empadre de corta duración en la época de lluvias. A mayor condición corporal al parto mayor fue el peso al destete y menor la eficiencia de las vacas al destete. Las vacas con CCP 6 tuvieron los mayores porcentajes de preñez (85) y fueron superiores en 30 y 22% a las vacas con CC de 3 y 4, respectivamente. Cuando las vacas llegan con adecuadas reservas corporales de energía al parto, los cambios de CC después del parto no tuvieron influencia sobre el comportamiento productivo y reproductivo, a excepción del porcentaje de preñez.

REFERENCIAS

- BIF (2002) *Guidelines for uniform beef improvement programs*. (8th ed.). Beef Improvement Federation. Atenas, GA. U.S.A. 161 p.
- Carpenter BB (1998) Beef cattle reproduction in the south Texas region of Tamaulipas Biotic Province. En: Memorias Taller de ganadería de bovinos de carne del noreste de México y sur de Texas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México pp. 145-152.
- Ciccioli NH, Wettemann RP, Spaicer LJ, Lents CA, White FJ, Keisler DH (2003) Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 81: 3107-3120.
- CONAGUA (2006) Comisión Nacional del Agua. Saltillo, Coahuila, México.
- Crews DH (2006) Age of dam and sex of calf adjustments and genetic parameters for gestation length in Charolais cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 25-31.
- DeRouen SM, Franke DE, Morrison DG, Wayatt WE, Coombs DF, White TW, Humes PE, Green BB (1994) Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cow. *J. Anim. Sci.* 72: 1119-1125.
- Hawkins DE, Petersen MK, Thomas MG, Sawyer JE, Waterman RC (1999) Can beef heifers and young postpartum cows be physiologically and nutritionally manipulated to optimise reproductive efficiency?. *Proc. Am. Soc. of Anim. Sci.* 10 p.
- Houghton PL, Lemenager RP, Horstman LA, Hendrix KS, Moss GE (1990a). Effect of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68: 1438-1446.
- Houghton PL, Lemenager RP, Moss GE, Hendrix KS (1990b). Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. *J. Anim. Sci.* 68: 1428-1437.
- Laflamme LF, Connor ML (1992) Effect of postpartum nutrition and cow body condition at parturition on subsequent performance of beef cattle. *Canadian J. Anim. Sci.* 72: 843-851.
- Lake SL, Scholljegerdes EJ, Aykinson RL, Nayigihugu V, Paisley SI, Rule DC, Moss GE, Robinson TJ, Hess BW (2005) Body condition score at parturition and postpartum supplemental fat effects on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 83: 2908-2917.

- Lalman DL, Keisler DH, Williams JE, Scholljegerdes EJ, Mallet DM (1997) Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrous by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 2003-2008.
- Lalman DL, Williams JE, Hess BW, Thomas MG, Keisler DH (2000) Effect of dietary energy intake on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. *J. Anim. Sci.* 78: 530-538.
- Looper ML, Lents CA, Wettemann RP (2003) Body condition at parturition and postpartum weight changes do not influence the incidence of short-lived corpora lutea in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 81: 2390-2394.
- MacNeil MD (2005) Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. *J. Anim. Sci.* 83: 794-802.
- Marston TT, Lusby KS, Wettemann RP, Purvis HT (1995) Effects of feeding energy or protein supplements before or after calving on performance of spring-calving cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 73: 657-664.
- Morrison DG, Spitzer JC, Perkins JL (1999) Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *J. Anim. Sci.* 77: 1048-1054.
- NRC (2000) Nutrient Requirements of Beef Cattle. (updated 7th ed). Natl. Acad. Press, Washington, D.C. 232 p.
- Perry RC, Corah LR, Cochran KC, Beal WE, Stevenson JS, Minton JE, Simms DD, Brethour JR (1991) Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 69: 3762-3773.
- Richards MW, Spitzer JC, Warner MB (1986) Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62: 300-306.
- Rutter L, Engstom D, Hand R (2000) Body condition: Implications for managing beef cows. Consultado: 12 Jul. 2004. Disponible en: <http://www1.agric.gob.ab.ca>.
- SAS (1989) SAS/Stat. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC. U.S.A. 775 p.
- Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen SL, Mobely SL, Rasby RJ, Garmendia JC (1988) Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66: 3153-3159.

- Spitzer JC, Morrison DG, Wettemann RP, Faulkner LC (1995) Reproductive responses and calf birth and weaning weight as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim, Sci.* 73: 1251-1257.
- Steel RGD, Torrie JH 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill Publishing Co., New York. 623 p.
- Vásquez AR, Villarreal QJA, Valdés RJ (1989) "Las plantas de pastizales del Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles" municipio de Saltillo, Coahuila". Folleto de Divulgación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. Vol. II (8). 20 p.
- Wettemann RP, Lents CA, Ciccioli NH, White FJ, Rubio I (2003) Nutritional - and suckling-mediated anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.* 81 (E. Suppl. 2): E48-E59.

TABLA I
PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS DE VACAS CON DIFERENTE CONDICIÓN CORPORAL AL PARTO EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO.

Característica	Condición Corporal al Parto			EE ¹
	< 5	5 y 6	≥ 7	
No. de observaciones	102	439	80	
Becerras				
PDAj (kg)	234 a	243 b	251 c	2,7
GDP (g)	926 a	969 b	1014 c	11,0
Vacas				
Peso al destete (kg)	500 a	558 b	615 c	3,0
CCD	5,30 a	6,46 b	7,34 c	0,06
CCPD	1,04 a	0,82 b	0,23 c	0,05
Eficiencia al destete ²	0,47 a	0,44 b	0,42 b	0,01
Día de la preñez	179	180	185	2,7
Int. Parto a la preñez	88	90	93	3,1
Tiempo de la preñez	24	25	30	2,7
Intervalo entre partos	372	374	377	3,0
Porcentaje de preñez	62	82	73	

PDAj=peso al destete ajustado a 210 días; GDP=ganancia diaria de peso predestete; CCD=Condición corporal al destete; CCPD= cambios de condición corporal del parto al destete (211 días promedio).

¹= Error estándar promedio.

²= Relación entre PDAj y peso de la vaca al destete ajustado a edad adulta.

abc Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren (P<0,01).

TABLA II
PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES
ESTÁNDAR PARA CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y
REPRODUCTIVAS DE VACAS CON DIFERENTE CAMBIO DE CONDICIÓN
CORPORAL DESPUÉS DEL PARTO EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL
NORESTE DE MÉXICO.

Característica	Cambios de Condición Corporal ¹				EE ²
	(- 1,5 a - 0,5)	0	0,5 a 1,5	≥ 2	
No.de obs.	37	236	299	49	
Becerras					
PDAj (kg)	243	247	241	239	3,0
GDP (g)	958	985	974	962	13,0
Vacas					
DJPr (día)	179	184	181	183	2,3
IP-Pr (días)	88	92	89	90	2,3
IPA-Pr (días)	23	29	26	28	2,3
IEP (días)	372	377	374	376	2,3

PDAj=peso al destete ajustado a 210 días de edad; GDP=ganancia diaria de peso predestete; EFD=eficiencia al destete; DJPr=día juliano a la preñez; IP-Pr= intervalo del parto a la preñez; IPA-Pr=intervalo del inicio del periodo de apareamientos a la preñez; IEP=intervalo entre partos.

¹ Cambio del parto al destete (211 d promedio).

² Error estándar promedio.

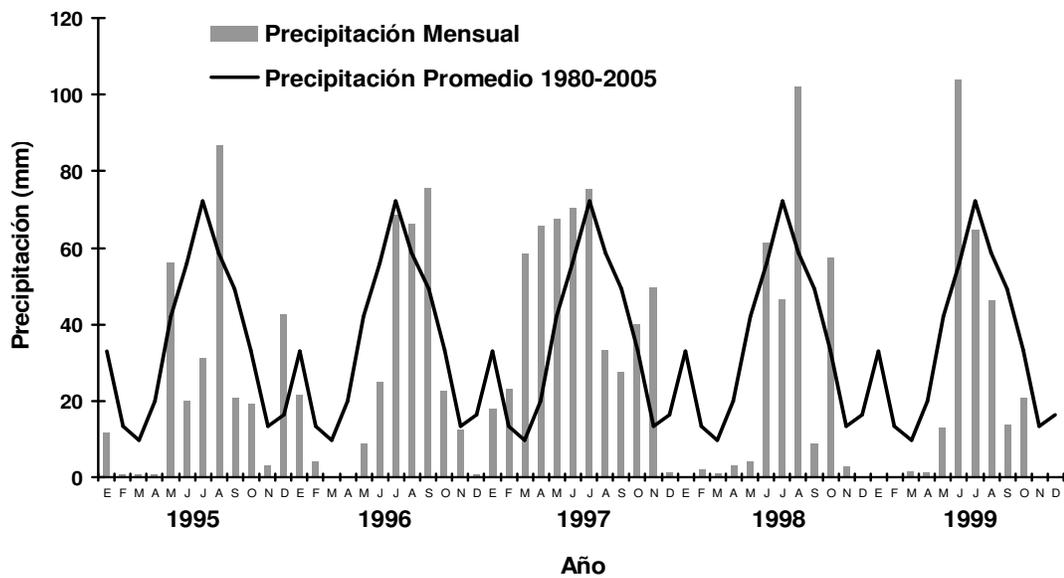


Figura 1. Precipitación promedio mensual en dos estaciones meteorológicas próximas al rancho donde se llevó a cabo este estudio (CONAGUA, 2006).

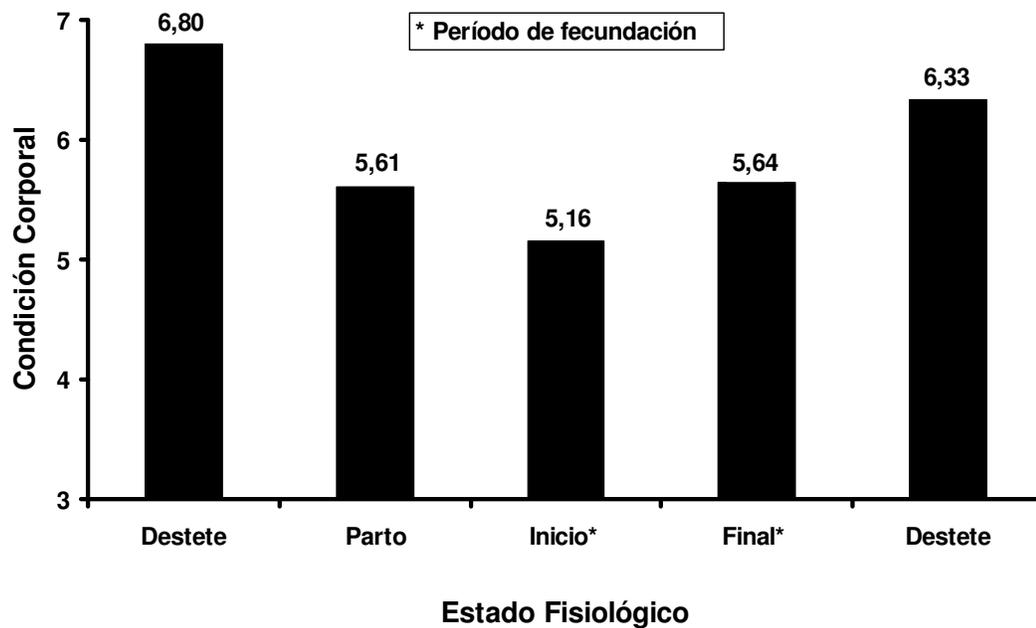


Figura 2. Condición corporal promedio (1995-1999) de vacas Charolais y Hereford en diferentes estados fisiológicos en condiciones semiáridas del noreste de México.

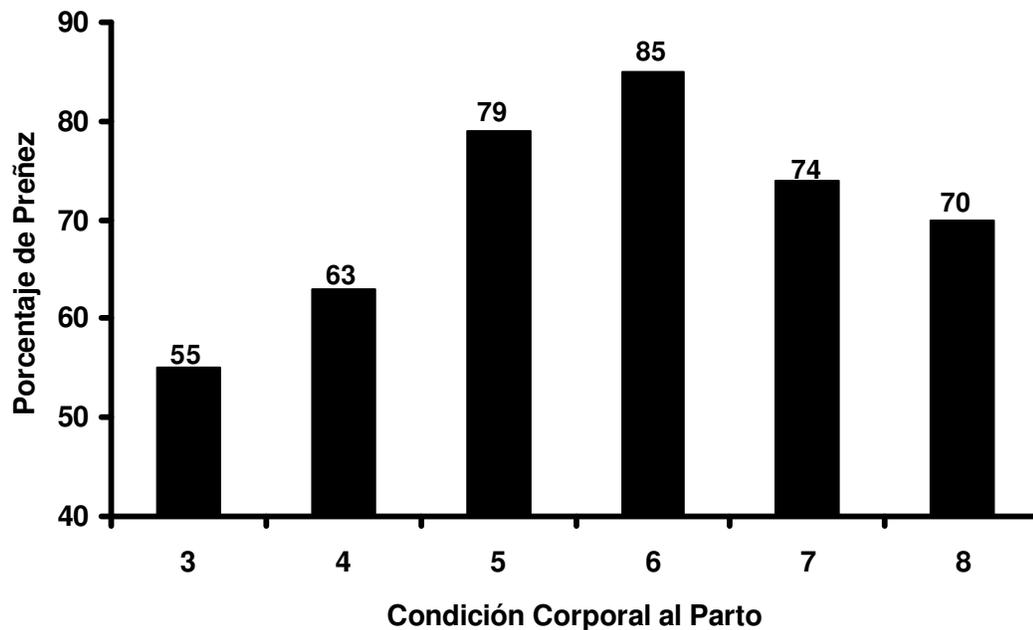


Figura 3. Promedio de porcentaje de preñez de vacas Charolais y Hereford con diferente condición corporal al parto obtenidos de 1995 a 1999 en condiciones semiáridas del noreste de México.

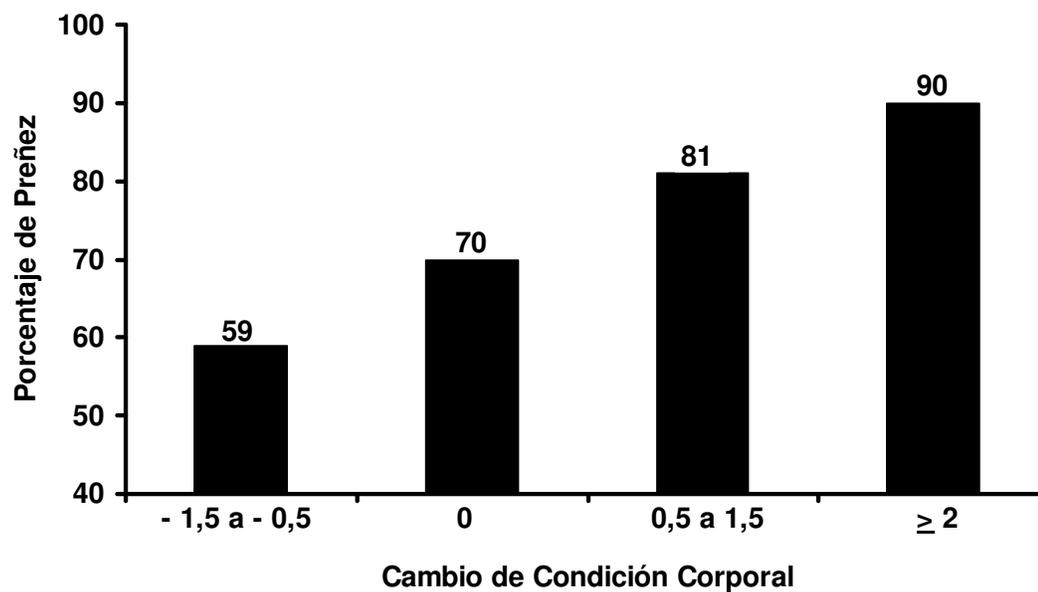


Figura 4. Promedio de porcentaje de preñez de vacas Charolais y Hereford con diferente cambio de condición corporal del parto al destete, de 1995 a 1999 en condiciones semiáridas del noreste de México.

EFFECTO DE LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE VACAS CHAROLAIS EN AGOSTADERO

Roberto García Elizondo, Ramiro López Trujillo, Miguel Mellado, Eduardo Aizpuru García, Heriberto Díaz Solís y Joel Maltos Romo

(Enviado para su publicación a: **Interciencia**)

Roberto García Elizondo. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Maestro en Ciencias. Alumno de Doctorado del Programa de Postgrado en Zootecnia Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. Profesor investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Ramiro López Trujillo. Ph.D. Nutrición de rumiantes. New Mexico State University Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Miguel Mellado. Ph.D. Reproducción y Genética Animal. Cornell University. Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: mmellbosq@yahoo.com

Eduardo Aizpuru García. Ph.D. Ecología de pastizales. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: eaizgar@uaaan.mx.

Heriberto Díaz Solís. Dr. En Ciencias. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigador nacional. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: hdiaz@uaaan.mx.

Joel Maltos Romo. Ph.D. Genética Animal. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315. e-mail: jmalrom@uaaan.mx.

RESUMEN

Datos de 283 ciclos anuales de producción obtenidos de 1995 a 1999 fueron utilizados con el objetivo de evaluar los efectos de la duración de la lactancia (DL; corta, promedio y larga), número de lactancia (actual; LA y siguiente; LS) y estado fisiológico (parto y destete) sobre el comportamiento productivo y reproductivo en dos lactancias consecutivas de vacas y becerros

Charolais utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y diferente número de repeticiones. Los animales fueron la unidad experimental. A mayor DL, el peso al destete de los becerros y la eficiencia de la vaca al destete (EFD) fueron mayores ($P < 0,5$) en ambas lactancias y la ganancia diaria de peso (978 ± 7 g) fue similar ($P > 0,5$). El peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de las vacas al destete en la LA y al parto y destete de la LS fueron similares ($P > 0,05$). Las vacas con lactancias promedio y larga destetaron ($P < 0,05$) más kilogramos de becerro y tuvieron mayor EFD en ambas lactancias y mantuvieron lactancias más prolongadas ($P < 0,05$) en el siguiente parto, con relación a las vacas de lactancia corta. La DL actual no afectó ($P > 0,05$) el porcentaje de preñez (84%) ni el intervalo del inicio del periodo de apareamientos-preñez (25 días) de la LS. Los días julianos al parto y preñez mostraron una relación inversa ($P < 0,05$) con DL y directa con el intervalo parto-preñez. Se concluyó que la DL tuvo influencia sobre el comportamiento productivo pero no sobre PV, CC y comportamiento reproductivo de las vacas en su siguiente lactancia.

PALABRAS CLAVE / Condición corporal / Tasa de preñez / Eficiencia reproductiva / Estado fisiológico/ Partos /

SUMMARY

Data from 283 annual cycles production obtained from 1995 to 1999 were used in order to evaluate the effects of lactation length (LL; short, average, and Long), number of lactation (actual; AL and subsequent SL), and physiological state (calving or weaning) on the productive and reproductive performance in two consecutive lactations of Charolais cows and calves. A completely

randomized design were used with factorial arrangement of treatments and different number of replications. Animals were used as the experimental unit. At highest LL, the calves weaning weight and cow weaning efficiency (CWE) were highest ($P>0.05$) in both lactations, and daily weight gain (978 ± 7 g) was similar ($P>0.05$). Cows body weight (BW) and body condition score (BCS) at weaning in the AL, and at calving and weaning of the SL were similar ($P>0.05$). Cows with average and long lactations weaned more kilograms of calf ($P<0.05$) and showed higher values of CWE in both lactation and maintained ($P<0.05$) longer lactations in the next calving compared with short lactations cows. The AL did not affect ($P>0.05$) pregnancy rate (84%), and the interval between the beginning of breeding season and conception (25 days) of the SL. Julian days at calving and pregnancy showed an inverse relation ($P<0.05$) with LL and direct relation with calving-pregnancy interval. It is concluded that the length of actual lactation had influence on productive performance but did not on cows BW, BCS and reproductive performance on the subsequent lactation.

Introducción

La rentabilidad de las explotaciones orientadas a la producción de becerros al destete depende de su buen manejo productivo y reproductivo. La productividad de los hatos de bovinos productores de carne en agostadero está determinada por decisiones sobre las épocas de apareamientos, y por lo tanto de pariciones, así como la fecha del destete. Algunos indicadores frecuentemente utilizados para evaluar la productividad de vacas incluyen el peso al destete, porcentaje de becerros destetados y kilogramos de becerro destetado por vaca (Cundiff *et al.*, 1992). El peso al destete de los becerros

puede ser mejorado por factores genéticos, manipulaciones ambientales y por la edad al destete (Short *et al.*, 1996) la cual, está relacionada con la duración de la lactancia. Las vacas que paren al inicio de la época de pariciones generalmente destetan becerros de mayor peso y edad con relación a las vacas que paren al final de la época de pariciones (Wiltbank, 1994; Short *et al.*, 1996).

La fecha del destete, y por lo tanto la duración de la lactancia, pueden ser preestablecidas a efecto de favorecer la CC de vacas que destetaron en otoño, reducir los requerimientos nutricionales de las vacas durante el invierno y por lo tanto reducir la suplementación invernal. Lo anterior se refleja en una moderada CC al parto, y consecuentemente en un mejor comportamiento reproductivo en la época de apareamientos (Herd y Sprott, 1986; Richards *et al.*, 1986).

El destete precoz ha sido utilizado como práctica de manejo apropiada para reducir la duración de la lactancia de las vacas (Whittier *et al.*, 1996; Story *et al.*, 2000). Dicha práctica es considerada viable principalmente en las zonas áridas y semiáridas, debido a que al enviar los becerros al mercado, disminuye la carga animal y, por lo tanto, se incrementa la disponibilidad de forraje, se mejora la CC de las vacas (Short *et al.*, 1996) y el porcentaje de concepciones. Lo anterior es atribuido al cese en la producción de leche, y en consecuencia, a una disminución significativa en los requerimientos nutricionales de las vacas.

Debido a que el efecto de la duración de la lactancia sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas en la lactancia siguiente está poco documentado, el objetivo de este estudio es el de evaluar dicho efecto en dos lactancias consecutivas en vacas Charolais en agostadero de una zona semiárida del noreste de México.

Materiales y Métodos

Localización y características del área de estudio

Se utilizaron 283 ciclos anuales de producción de 132 vacas Charolais obtenidos durante los años de 1995 a 1999 en el Rancho “Los Ángeles” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado en el noreste de México (25° 04'N y 100° 58'O). Los valores físicos promedio del predio son: 2250 msnm de altitud, temperatura media anual de 13.4 °C, y precipitación pluvial de 336 mm anuales, con 72% de su ocurrencia entre los meses de junio a octubre, como se muestran en la Figura 1 (CONAGUA, 2006). Las gramíneas predominantes son *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*. Las herbáceas más abundantes son *Sphaeralcea angustifolia*, *Solanum eleagnifolium*, y *Ceratoides lanata*, y las arbustivas más abundantes son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Agave lechuguilla*, *Dasyllirion cedrosanum*, *Nolina cespitifera* y *Yucca carnerosana* (Vásquez, 1989).

Animales y manejo

La edad de las vacas varió de 3 a 12 años (promedio de 5,6 ±2,2), y éstas pastorearon durante todo el año en 6704 ha, divididas en 20 potreros. El

sistema de pastoreo fue rotacional diferido con presión de pastoreo entre 15 y 20 ha por unidad animal año. Para mantener la estacionalidad de los partos, el manejo de las vacas y becerros en los diferentes años fue similar. La apareamientos de las vacas se realizó con toros de la misma raza, uno por cada 20 a 30 vacas. La exposición de las vacas a los toros duró 90 días (junio, julio y agosto). Las novillonas se apareaban alrededor de los dos años de edad, iniciando 15 días antes que el de las vacas. Todas las novillonas eran inseminadas artificialmente, posterior a la sincronización de celos, y posteriormente eran expuestas a los toros. El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal al destete y las vacas no gestantes fueron eliminadas del hato.

Los partos ocurrieron de finales del invierno a finales de primavera (abril 04 ± 25 días) y el destete en otoño (octubre 27 ± 24 días), a los siete meses promedio de edad (206 ± 24 días) de los becerros. Las vacas no gestantes, o que no destetaron un becerro en dos partos consecutivos no fueron incluidas en el análisis estadístico. Las vacas tuvieron acceso, durante todo el año, a una mezcla de sal, fósforo y minerales traza. Además, se les inyectó, a finales de invierno, vitaminas A, D y E, y en algunos años recibieron, en invierno, un suplemento proteico (excreta de pollo, con 24% de proteína cruda a razón de 1 kg diario por animal durante 60 a 90 días).

Mediciones

En el análisis de los datos, sólo se utilizaron vacas que tuvieron dos lactancias consecutivas y destetaron becerros en ambas lactancias. Para los

becerros se registró su sexo, peso al nacimiento (PN) y destete (PD) y día juliano del nacimiento y destete; para las vacas se registró su edad, número de parto, día juliano al parto y destete, diagnóstico de gestación, condición corporal (CC; escala 1= muy flaca a 9= muy gorda; Richards *et al.*, 1986) y peso vivo (PV) al parto y destete en ambas lactancias. Con la información anterior se calculó: para los becerros, la ganancia diaria de peso predestete (GDP) y para las vacas, las características productivas: eficiencia al destete (EFD; relación entre peso al destete del becerro y peso al destete de la vaca), duración de ambas lactancias (DL), cambios de PV y CC del parto-destete de ambas lactancias y del destete-siguiente parto (período seco), también se registraron las variables reproductivas: día juliano de la preñez, porcentajes de preñez, intervalos del parto-inicio de la época de apareamientos, inicio de los apareamientos-preñez y parto-preñez.

Análisis estadístico

Para propósitos de análisis, las variables independientes fueron categorizadas como sigue: DL actual (lactancia corta, promedio y larga) de 6, 7 y 8 meses promedio, respectivamente. En la Tabla I se reporta la distribución resultante de los registros en los diferentes años. Número de lactancia (actual; LA y siguiente; LS) y estado fisiológico de la vaca (parto y destete).

En el análisis de varianza se utilizó un modelo de clasificación de efectos fijos con diferente número de unidades experimentales, utilizando el procedimiento general de modelos lineales (SAS 1989). Los modelos estadísticos empleados fueron tres. El modelo 1 incluyó los efectos de año de

la lactancia (1995-1999), duración de la lactancia actual (corta, promedio y larga) número de lactancia (LA y LS), e interacciones dobles sobre las siguientes variables respuesta: PD y GDP del becerro, EFD, DL siguiente, día juliano al parto y preñez, e intervalos entre inicio de la época de apareamientos-preñez y entre parto-preñez de las vacas en la lactancia siguiente. Para las características de los becerros y EFD de las vacas, se utilizaron el sexo, PN y edad de sus madres como covariables y para rasgos reproductivos de las vacas, el intervalo entre parto e inicio de la época de apareamientos. El modelo 2 se empleó en el análisis de las variables respuesta PV y CC de las vacas en ambas lactancias. En este modelo, con respecto al anterior, se eliminó el efecto del número de lactancia y se incluyó el efecto de estado fisiológico (parto y destete). El modelo 3 se utilizó para el análisis de los cambios de PV y CC, se sustituyó el efecto de número de lactancia por tres categorías fisiológicas (1: del parto al destete de la lactancia actual, 2: del destete actual al siguiente parto (período seco) y 3: del parto al destete de la siguiente lactancia). Los porcentajes de preñez, se compararon con la distribución de Chi-cuadrada. Los modelos fueron reducidos omitiendo todas las interacciones no significativas ($P < 0,05$). Los resultados en texto y cuadros se expresan como promedios estimados por mínimos cuadrados y fueron comparados utilizando la prueba de Tukey-Kramer (Steel y Torrie, 1980).

Resultados y Discusión

Los valores promedio y desviación estándar de variables iniciales de becerros y vacas Charoláis durante la LA, se muestran en el Tabla II.

Comportamiento productivo

El efecto de año de parto fue significativo ($P < 0,01$) para todas las variables analizadas. El análisis de esta fuente de variación se omitió por ser un lugar común y por la diversidad de factores de manejo y climáticos que participan en su manifestación. Su inclusión en el modelo fue con el propósito de reducir la magnitud del error experimental.

Al analizar las tendencias en comportamiento productivo de becerros Charolais en dos lactancias consecutivas no se encontraron diferencias ($P > 0,05$) entre número de lactancias para GDP predestete de los becerros (978 ± 7 y 979 ± 7 g), para LA y LS, respectivamente. Sin embargo, existieron diferencias para DL actual. Los becerros hijos de vacas con lactancia larga, ganaron menos peso por día (959 ± 8 g) que los becerros hijos de vacas con lactancia promedio (990 ± 9 g) y corta (985 ± 7 g). Se encontraron efectos significativos ($P < 0,05$) de LA, LS y DL (corta, promedio y larga) y su interacción sobre el PD de los becerros, EFD de las vacas y duración del período de lactación (Tablas III, IV y V, respectivamente). En todos los casos, por ser significativa la interacción sólo se presentan los efectos simples.

La respuesta del PD y EFD a la DL actual difirió ($P < 0,01$) entre lactancias. Se observó una relación directa del PD de los becerros y EFD de las vacas con respecto a la DL. En la LA, las vacas con lactancia larga produjeron más kg de becerro (24 y 45) y fueron más eficientes (4 y 8%) al destete ($P < 0,01$) con respecto a las vacas con lactancias promedio y corta, respectivamente. Estas diferencias disminuyeron en la LS (12 y 23 kg y 1 y 4%,

respectivamente). Por otra parte, la productividad de las vacas (en términos de kg de becerro destetado por vaca expuesta a toro) y EFD de los animales con lactancia larga en ambas lactancias, fueron superiores ($P < 0,01$) 36 y 68 kg y 3 y 7% a las de las vacas con lactancia promedio y corta, respectivamente; lo anterior se observó en ambas lactancias.

Los pesos de los becerros al destete en la LA y LS mostraron una tendencia similar (a mayor DL, mayor PD de los becerros). Sin embargo, la magnitud de las diferencias en la LS fue menor. Las vacas con lactancia corta produjeron 4 kg más de becerro destetado en la LS y las vacas con lactancias promedio y larga, 8 y 18 kg menos, respectivamente. Estas diferencias se debieron a la duración de la LS. Las vacas con lactancia corta aumentaron la duración de su LS 7 días y las de lactancias promedio y larga, la disminuyeron 6 y 23 días, respectivamente (Tabla V). Lo anterior indica que las vacas independientemente de la DL actual mantienen las mismas tendencias en duración y comportamiento productivo en la LS.

Las diferencias en DL siguiente, pueden ser atribuidas al manejo de las vacas (periodo de apareamientos controlado a una época definida), específicamente, a la duración del intervalo entre el parto e inicio de la época de apareamientos, el cual fue mayor para las vacas con LA larga (Tabla II). Por otra parte, las diferencias en DL, se ven reflejadas en el comportamiento productivo de los becerros y vacas en la siguiente lactancia. Al aumentar o disminuir la duración de la LA, se reflejó en menores PD de los becerros y EFD

de las vacas en la LS. Sin embargo, las vacas con mayor DL fueron más productivas en ambas lactancias.

Al evaluar el efecto del estado fisiológico (parto y destete) sobre el PV y CC de las vacas en ambas lactancias, se encontró que éstos fueron diferentes ($P < 0,05$) para vacas en diferente estado fisiológico. Las diferencias se muestran en las Figuras 2 y 3, respectivamente. El PV y CC de las vacas al parto fueron menores ($P < 0,05$) que al destete en ambas lactancias. Esto indica un nivel nutricional aceptable entre el parto y destete, lo que a su vez se reflejó en alta GDP y PD de los becerros y presumiblemente alta producción de leche de las vacas (BIF, 2002). Que las vacas ganen peso entre el parto y destete es una situación deseable y un indicador de buen manejo nutricional del hato, ya que se refleja en mejor comportamiento de las crías del nacimiento al destete (Rogers *et al.*, 2002) y mejor comportamiento reproductivo de las vacas en el periodo de apareamientos (Marshall *et al.*, 1990; García Paloma, 1992).

Por otra parte, en la Figura 4 se presentan los PV de vacas Charolais con diferente DL actual y estado fisiológico. Las vacas con lactancia larga pesaron alrededor de 20 kg menos en los diferentes estados fisiológicos comparadas con las vacas con lactancias promedio y corta. Lo anterior puede ser atribuido a la mayor duración de ambas lactancias. Schultz *et al.* (2005) reportan menor PV y CC al destete en vacas que destetaron becerros a los siete meses de edad comparadas con las vacas que destetaron a temprana edad (3,5 meses). Las diferencias las atribuyen a que las vacas que destetaron sus becerros a

temprana edad, derivaron los nutrientes de la dieta hacia mantenimiento y gestación en lugar que a lactación.

Al evaluar el efecto de los cambios de PV y CC de las vacas entre el parto y destete de ambas lactancias, se encontró que dichos cambios fueron similares ($P>0,05$). Sin embargo, fueron diferentes ($P<0,05$) a los cambios durante el período seco (destete al siguiente parto). En términos generales, las vacas ganaron alrededor de 31 kg y 0,8 unidades de PV y CC, respectivamente, del parto al destete y perdieron durante el período seco alrededor de 45 kg y 1,2 unidades de PV y CC, respectivamente. Las pérdidas de PV y CC durante el período seco pueden ser atribuidas a que este período corresponde a la época de invierno donde por bajas temperaturas, los forrajes son de baja calidad nutricional. Por otra parte, el hecho que las vacas ganaran PV y CC del parto al destete, independientemente de la DL actual, indica un consumo suficiente de nutrientes, para sus diferentes funciones fisiológicas incluyendo almacenar nutrientes extras (mejorar CC). Esto también ha sido reportado por otros investigadores (García Paloma *et al.*, 1992; Clement *et al.*, 2003).

Comportamiento reproductivo

Al evaluar el efecto de la DL actual sobre el porcentaje de preñez de las vacas en la LS, se encontró que los porcentajes de preñez fueron similares ($P>0,05$) para lactancia corta (84,1%), promedio (83,8%) y larga (84%). Considerando que las vacas utilizadas en este estudio estuvieron en agostadero todo el año en una zona semiárida y que fueron seleccionadas

para el análisis las que tuvieron dos lactancias consecutivas, los porcentajes de preñez en la LS se consideran aceptables. Una posible explicación es que las vacas llegaron en moderada CC al parto (5,8) y ganaron CC del parto al destete (0,5 unidades) lo que les permitió preñarse en la LS independientemente de la DL actual. La CC de las vacas al parto y los cambios de CC del parto al inicio del periodo de apareamientos tienen influencia sobre el comportamiento reproductivo de las vacas (Richards *et al.*, 1986).

Al analizar las tendencias en comportamiento reproductivo en ambas lactancias, no se encontraron diferencias ($P > 0,05$) para el intervalo del inicio de la época de apareamientos a la preñez (26 ± 1 día) en la LS. El día juliano al parto y día juliano de la preñez fueron diferentes ($P < 0,05$) para LA, LS y DL (corta, promedio y larga) y su interacción. Por ser significativa la interacción sólo se presentan los efectos simples. Así, el efecto de la interacción lactancia por su duración sobre el día juliano al parto y preñez y el intervalo del parto a la preñez en la LS, se muestran en las Tablas VI, VII y VIII, respectivamente.

Los días julianos al parto y preñez y el intervalo del parto a la preñez fueron diferentes ($P < 0,01$) para vacas con DL corta, promedio y larga. El día juliano al parto y a la preñez en la LA y LS tienen una relación inversa con la DL, en tanto que el intervalo entre el parto y la preñez (días abiertos) presentó una relación directa (a mayor DL, el intervalo del parto a la preñez fue mayor). Las vacas con lactancia larga parieron y se preñaron más pronto y tuvieron menos días abiertos en ambas lactancias comparadas con las vacas con lactancia promedio y corta. Estas últimas volvieron a parir y preñarse al final de

la época de apareamientos en su siguiente parto. Lo anterior debido a que el período de apareamientos fue de corta duración y en una fecha fija.

El que se mantengan las mismas tendencias en dos ciclos de producción consecutivos, puede ser debido a que las vacas de todos los grupos de DL actual mantuvieron los mismos intervalos del inicio del periodo de apareamientos a la preñez y del parto a la preñez. Se puede concluir que las vacas con mayor DL presentaron un comportamiento reproductivo aceptable en su lactancia siguiente como resultado de la estación programada para el periodo de apareamientos.

Considerando que en el presente estudio la DL actual y la edad al destete de los becerros son equivalentes y que el destete se realizó el mismo día cada año y alrededor de la misma fecha todos los años, se encontró una relación inversa entre peso y edad al destete con el día juliano al parto. Los becerros que nacen al inicio del periodo de pariciones son más pesados al destete, que los que nacen al final, por tener mayor edad al destete y/o amamantarse por más tiempo (May *et al.*, 1999; Grings *et al.*, 2000; Clement *et al.*, 2003). Así, las vacas que tuvieron lactancia larga preservaron este comportamiento en la LS, tuvieron mayor EFD y fueron más productivas que las vacas con lactancias promedio y corta.

Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio se observó que las vacas con lactancias largas (ocho meses en promedio), tuvieron mejor comportamiento

productivo (kg totales de becerro destetado y eficiencia de la vaca al destete) y reproductivo (menores días julianos al parto y a la preñez) en la siguiente lactancia, que las vacas con lactancia promedio y corta. Los porcentajes de preñez de las vacas en la lactancia siguiente no estuvieron influenciados por la duración de la lactancia actual, y ésta última es un buen indicador del comportamiento productivo en la siguiente lactancia en vacas sujetas a periodos de apareamientos controlado (duración y época) en las zonas semidesérticas del noreste de México.

REFERENCIAS

- Clement JC, Poland WW, Ringwall K (2003) Effects of calving season on cow/calf production in the Northern Plains – calf performance. Dickinson Research Ext. Center. Annual Report. North Dakota State University. pp. 258-262.
- CONAGUA (2006) Comisión Nacional del Agua. Saltillo, Coahuila, México.
- Cundiff LV, Nuñez-Dominguez R, Dickerson GE, Gregory KE, Koch RM (1992) Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows J. Anim. Sci. 70: 2397-2410.
- García Paloma JA, Alberio R, Miquel MC, Grondona MO, Carrillo J, Schiersmann G (1992) Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter calving Aberdeen Angus herd. Anim. Prod. 55: 177-184.
- Grings EE, Short RE, Heitschmidt RK (2000) Effects of season of calving on weaning age on cow and calf production through weaning. Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci. 51: 125-127.
- Marshall DM, Minqiang W, Freking BA (1990) Relative calving date of first-calf to production efficiency and subsequents reproductive performance. J. Anim. Sci. 68: 1812-1817.
- May GL, Van Tassell LW, Waggoner JW; Smith MA (1999) Relative costs of feeding strategies associated with winter/spring calving. J. Range Manage. 52: 560-568.
- Richards MW, Spitzer JC, Warner MB (1986) Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci. 62: 300-306.

- Rogers PL, Gaskins CT, Johnson KA (2002) Cow efficiency and calf growth to weaning of purebred Wagyu and Angus cows with purebred and reciprocally crossed calves. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 53: 33-36.
- SAS (1989) SAS/Stat. User's Guide (Release 6.03). SAS Inst. Inc., Cary, NC. U.S.A.
- Short RE, Grings EE, MacNeil MD, Heitschmidt RK, Haferkamp MR, Adams DC (1996) Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow calf performance. *J. Anim. Sci.* 74: 1701-1710.
- Steel RGD, Torrie JH (1980) Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill Publishing Co., New York. 623 p.
- Story CE, Rasby RJ, Clark RT, Milton CT (2000) Age of calf at weaning of spring-calving beef cows and the effect on cow and calf performance and production economics. *J. Anim. Sci.* 78: 1403- 1413.
- Vásquez AR, Villarreal QJA, Valdés RJ. (1989) Las plantas de pastizales del Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles" municipio de Saltillo, Coahuila. Folleto de Divulgación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. Vol. II (8). 20 p.
- Whittier JC, Torrel RC, Bruce B (1996) Time of weaning and cow condition. Bull. CL-747. Coop. Ext. Serv. University of Nevada Reno. U.S.A. 6 p.
- Wiltbank JN (1994) Challenges for improving calf crop. In Fields MJ, Sand RS (Eds.) Factors affecting calf crop. CRC Press, Boca Raton, FL. U.S.A. p 1.

TABLA I
 NÚMERO DE REGISTROS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA DURACIÓN DE LA LACTANCIA ACTUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE BECERROS Y VACAS CHAROLAIS EN DOS LACTANCIAS CONSECUTIVAS.

Año	Duración de la lactancia			Total
	Corta (180 d)	Promedio (204 d)	Larga (235 d)	
1995	18	34	15	67
1996	28	17	13	58
1997	21	26	26	73
1998	19	34	32	85
Total	86	111	86	283

TABLA II
 VALORES GENERALES PROMEDIO Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE BECERROS Y VACAS CHAROLAIS EN LA LACTANCIA ACTUAL.

Variable	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Peso becerro al destete (kg)	228 ±30	251 ±29	275 ±32	251 ±35
Ganancia diaria de peso (g)	1046 ±140	1031 ±121	1001 ±126	1026 ±129
Eficiencia al destete	0,39 ±0,07	0,43 ±0,06	0,49 ±0,06	0,44 ±0,07
Peso de la vaca al parto (kg)	545 ±59	543 ±58	528 ±59	539 ±59
Peso vaca al destete (kg)	589 ±61	589 ±55	568 ±50	582 ±56
CC* de la vaca al parto	5,7 ±0,9	5,7 ±0,9	5,7 ±0,8	5,7 ±0,9
CC* de vaca al destete	6,7 ±0,9	6,7 ±0,8	6,7 ±0,9	6,7 ±0,8
Duración de la lactancia (d)	180 ±11	204 ±10	235 ±11	206 ±24
Día juliano al parto	121 ±9	95 ±11	64 ±12	94 ±25
Edad de la vaca (años)	6,2 ±2	5,7 ±2	4,7 ±2	5,6 ±2

*CC = CC de la vaca escala 1-9 (1 muy flaca; 9 muy gorda) Richards *et al.*, (1986)

TABLA III
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA PESO AL DESTETE (KG) DE BECERROS CHAROLAIS.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	220a ±3	244b ±2	265d ±3	245 ±2
Siguiente	224a ±3	236c ±3	247b ±3	236 ±2
Total	444	480	512	481

abcd Promedios con letras distintas en la misma hilera y/o columna, difieren (P<0,05).

TABLA IV
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA EFICIENCIA AL DESTETE DE VACAS CHAROLAIS¹.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	0,39a ±0,01	0,43b ±0,01	0,47d ±0,01	0,43 ±0,01
Siguiente	0,40a ±0,01	0,41a ±0,01	0,44bc ±0,01	0,42 ±0,01
Promedio	0,39a ±0,01	0,42b ±0,01	0,46c ±0,01	

¹ Eficiencia al destete= Relación entre peso del becerro y de la vaca al destete.
 abcd Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren (P<0,05).

TABLA V
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA DURACIÓN DE LA LACTANCIA (DÍAS) DE VACAS CHAROLAIS.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	181a ±2	207b ±1	237c ±2	208a ±1
Siguiente	188a ±2	201b ±2	214d ±2	201b ±1
Promedio	185a ±1	204b ±1	225c ±1	

abcd Promedios con letras distintas en la misma hilera y/o columna, difieren (P<0,05).

TABLA VI
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA DÍA JULIANO AL PARTO DE VACAS CHAROLAIS.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	121a ±2	95b ±1	63c ±2	93a±1
Siguiente	115d ±2	100b ±2	87e ±2	101b ±1
Promedio	118a ±1	98b ±1	75c ±1	

abcde Promedios con letras distintas en la misma hilera y/o columna, difieren (P<0,05).

TABLA VII
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA DÍA JULIANO A LA PREÑEZ DE VACAS CHAROLAIS.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	200a ±2	183b ±2	166c ±3	183 ±1
Siguiente	198a ±3	184b ±2	177b ±3	186 ±1
Promedio	199a ±2	184b ±2	172c ±3	

abc Promedios con letras distintas en la misma hilera y/o columna, difieren (P<0,05).

TABLA VIII
 PROMEDIOS ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA INTERVALO DEL PARTO A LA PREÑEZ DE VACAS CHAROLAIS.

Lactancia	Duración de la Lactancia			Promedio
	Corta (n = 86)	Promedio (n = 111)	Larga (n = 86)	
Actual	79a ±2	87b ±2	103c ±3	90a ±1
Siguiente	83a ±3	84a ±2	90b ±3	85b ±1
Promedio	81a ±2	86a ±2	97b ±3	

abc Promedios con letras distintas en la misma hilera y/o columna, difieren (P<0,5).

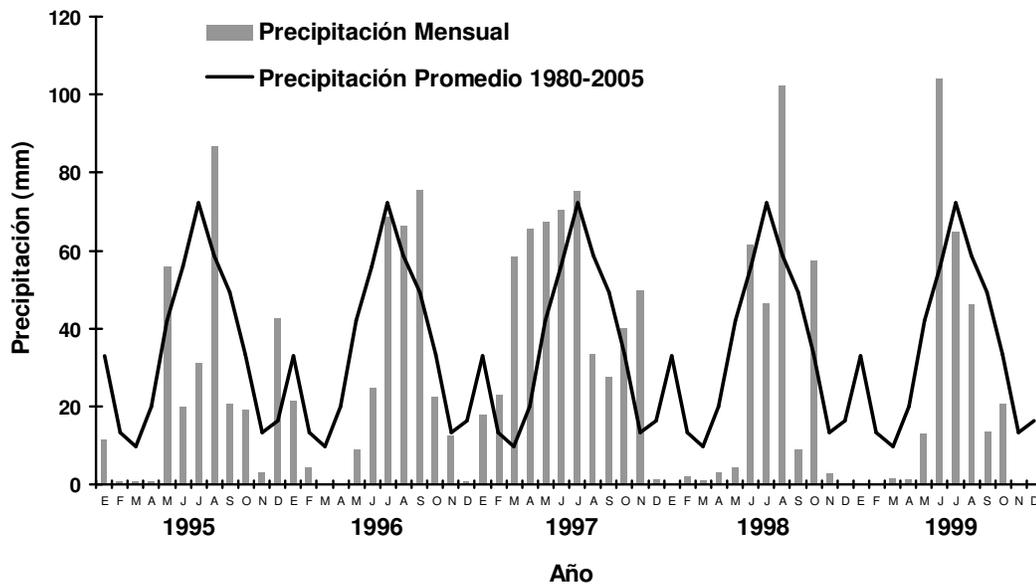


Figura 1. Precipitación promedio mensual en dos estaciones meteorológicas próximas al rancho donde se llevo a cabo el estudio (CONAGUA, 2006).

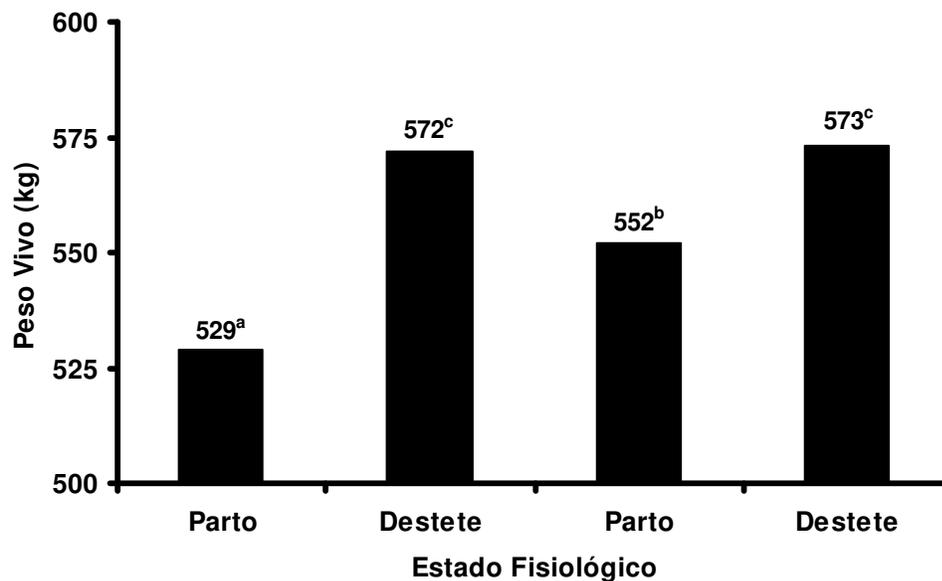


Figura 2. Promedios estimados por mínimos cuadrados para peso vivo de vacas Charoláis em diferentes estados fisiológicos.

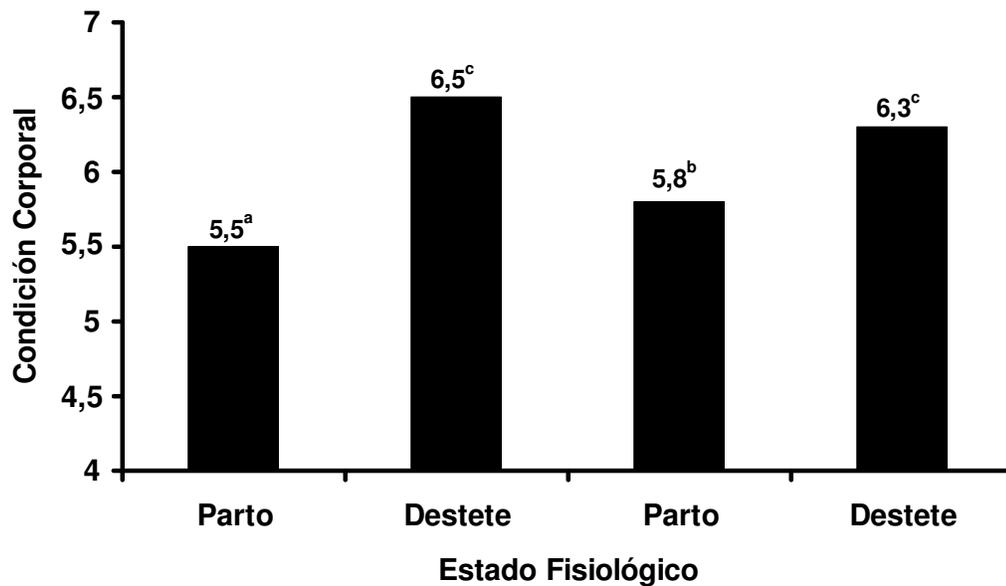


Figura 3. Promedios estimados por mínimos cuadrados para condición corporal (escala 1-9) de vacas Charoláis en diferentes estados fisiológicos.

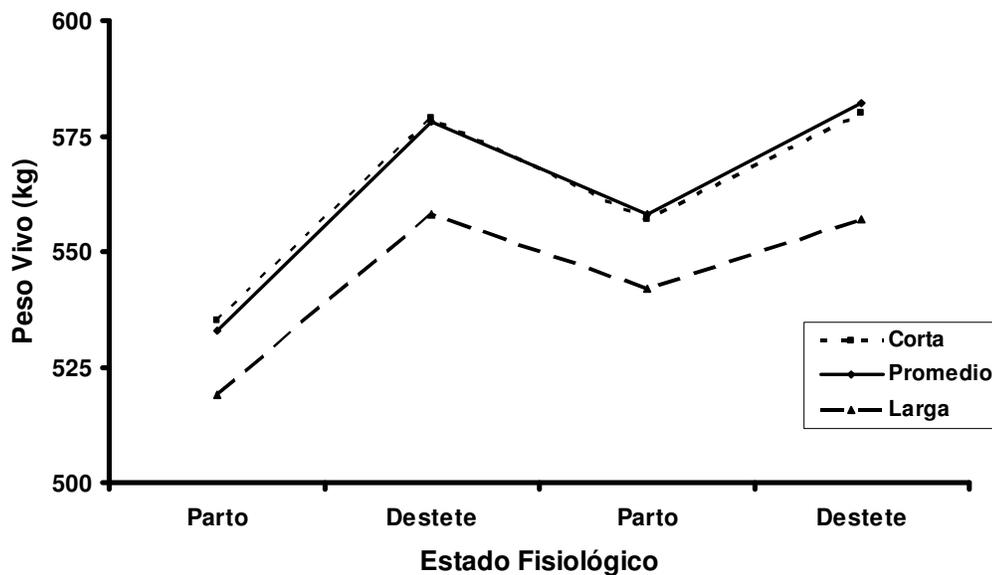


Figura 4. Promedios estimados por mínimos cuadrados para peso vivo de vacas Charoláis en diferentes estados fisiológicos y duración de la lactancia.

EFFECTO DE LA FECHA DEL PRIMER PARTO SOBRE LA VIDA PRODUCTIVA DE VACAS CHAROLAIS

Roberto García Elizondo, Ramiro López Trujillo, Miguel Mellado, Eduardo Aizpuru García, Heriberto Díaz Solís y Joel Maltos Romo

(Enviado para su publicación a: **Interciencia**)

Roberto García Elizondo. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Maestro en Ciencias. Alumno de Doctorado del Programa de Postgrado en Zootecnia Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. Profesor investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Ramiro López Trujillo. Ph.D. Nutrición de rumiantes. New Mexico State University Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: rlopez@uaaan.mx.

Miguel Mellado. Ph.D. Reproducción y Genética Animal. Cornell University. Investigador Nacional. Profesor Investigador. Departamento de Nutrición y Alimentos UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: mmellbosq@yahoo.com

Eduardo Aizpuru García. Ph.D. Ecología de pastizales. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: eaizgar@uaaan.mx.

Heriberto Díaz Solís. Dr. En Ciencias. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigador nacional. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315, México. e-mail: hdiaz@uaaan.mx.

Joel Maltos Romo. Ph.D. Genética Animal. Texas A&M University. Profesor Investigador. Departamento de Producción Animal. UAAAN. Saltillo, Coahuila, CP 25315. e-mail: jmalrom@uaaan.mx.

RESUMEN

Se analizó el efecto de la fecha del primer parto sobre el comportamiento productivo y reproductivo de 201 vacas Charolais que parieron en primavera de 1991 a 2000. Las vacas se asignaron, al primer parto, a cuatro grupos de parición (GP1 a GP4) de 21 días consecutivos cada uno y se les dio seguimiento durante siete partos. Las características analizadas en las crías fueron pesos al nacer y destete, edad al destete y ganancia diaria de peso

predestete, y para las vacas pesos al parto y destete, eficiencia al destete, fecha del parto e intervalo entre partos. Los datos se analizaron con un modelo lineal de efectos mixtos con mediciones repetidas. Las vacas en GP1 y GP2 produjeron becerros con mayor ($P<0,05$) peso al destete, destetaron más kilogramos de becerro en su vida, fueron más eficientes al destete, parieron al inicio de la época y sus intervalos entre partos fueron mayores con respecto a las vacas en GP3 y GP4. El número del parto afectó ($P<0,01$) todas las variables analizadas. Si bien el comportamiento de crías y vacas de GP1 y GP2 fue mejor ($P<0,01$) en los primeros partos; a partir del cuarto, tendieron a converger con GP3 y GP4 en todas las variables analizadas. Se concluyó que las vacas que tuvieron su primer parto al inicio de la época de partos mostraron mejor comportamiento en su vida productiva, comparadas con las que parieron al final del periodo de pariciones.

PALABRAS CLAVES / Intervalo entre partos / comportamiento productivo y reproductivo / Eficiencia al destete / Ganancia de peso / Pariciones /

SUMMARY

The effect of first calving date on subsequent cows reproductive and productive performance was analyzed using 201 records (from 1991 to 2000) of Charolais cows calving in spring. At first calving, cows were assigned to four calving groups (CG1 to CG4), considering 21-days intervals from the beginning of the calving season, keeping track of all cows during seven consecutive parturitions. Calves traits analyzed were birth and weaning weights, weaning age and daily gain from birth to weaning, and for cows calving and weaning

weights, weaning efficiency, calving date and calving interval. For statistical analysis a fixed effects linear model with repeated measures was used. The cows on CG1 and CG2 produced calves with the highest weaning weights ($P<0.01$), weaned more kilograms of calf in their lifetime, were more efficient at weaning, calved earlier during the calving season, but their calving intervals were longer than cows in CG3 and CG4. All traits analyzed were affected ($P<0.01$) by parity. Even though the performance of both calves and cows on CG1 and CG2 were superior ($P<0.01$) than the other two groups during the first three parturitions, they converged in all traits analyzed with CG3 and CG4 from fourth to seventh calving. It was concluded that primiparous cows that calved early in the calving season showed better lifetime performance, compared with later calving-cows.

Introducción

La rentabilidad de las unidades de producción de becerros al destete depende de su óptimo manejo productivo y reproductivo. Definir la época de apareamientos, y por lo tanto de pariciones, es una de las decisiones más importantes que determinan la productividad de los hatos de bovino productor de carne en condiciones extensivas. Los kilogramos totales de becerro destetado por vaca (Cundiff *et al.*, 1992) y el intervalo entre partos (Rege y Famula, 1993) son indicadores frecuentemente utilizados para evaluar la vida productiva de vacas productoras de carne. Sin embargo, en situaciones en donde, por limitaciones nutricionales y/o de mercado, se tienen épocas de apareamientos preestablecidas, el intervalo entre partos es un indicador que impacta negativamente en la evaluación reproductiva de las vacas que paren

temprano en la época de pariciones (de Torre y Brinks, 1990). Por lo anterior, se ha explorado la posibilidad de utilizar la fecha del primer parto de las novillonas como un indicador de su productividad futura, y por lo tanto, utilizarlo como criterio de selección de vacas jóvenes (Bourdon y Brinks, 1983; Marshall *et al.*, 1990; García Paloma *et al.*, 1992).

Predecir la productividad que tendrán las hembras de reemplazo durante su vida productiva, en base a la fecha de su primer parto, podría reducir costos de producción e incrementar la capacidad genética del hato (Lesmeister *et al.*, 1973; García Paloma *et al.*, 1992). Lo anterior debido a la moderada heredabilidad de la fecha del parto (Buddenberg *et al.*, 1990), a la facilidad de su medición e interpretación conceptual (de Torre y Brinks, 1990) y su deseable relación con el comportamiento de las crías (García Paloma *et al.*, 1992).

Debido a la escasa documentación sobre el efecto de la fecha del primer parto sobre la vida productiva de vacas en condiciones extensivas, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fecha del primer parto sobre el comportamiento productivo y reproductivo, en siete partos consecutivos, de vacas Charolais pastoreando en agostadero del noreste de México.

Materiales y Métodos

Localización y características del área de estudio

Se utilizaron 622 registros de producción de 201 vacas Charolais durante los años de 1991 a 2000 del Rancho “Los Ángeles” de la Universidad

Autónoma Agraria “Antonio Narro” en el noreste de México (25° 04'N; 100° 58'O). El predio experimental tiene altitud promedio de 2250 msnm, su temperatura media anual de 13,4 °C y la precipitación pluvial es de 347 mm anuales, con 80% de su ocurrencia entre los meses de mayo a octubre, como se muestra en la Figura 1 (CONAGUA, 2006). Las gramíneas predominantes son *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*. Las herbáceas más abundantes son *Sphaeralcea angustifolia* y *Solanum eleagnifolium*, mientras que las arbustivas más abundantes son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, y *Yucca carnerosana* (Vásquez, 1989).

Animales y su manejo

La edad de las vacas varió de 3 a 9 años y éstas pastoreaban, durante todo el año, en 6704 ha de agostadero, divididas en 20 potreros. El sistema de pastoreo fue rotacional diferido con presión de pastoreo entre 15 y 20 ha por unidad animal año. Para mantener la estacionalidad de los partos, el manejo de las vacas y becerros en los diferentes años fue similar. El apareamiento de las vacas fue con toro de la misma raza en una proporción de 20 a 30 vacas por toro. La exposición de las vacas a los toros iniciaba en junio y terminaba en agosto (90 días). Las novillonas se apareaban por primera vez alrededor de los dos años de edad, iniciando 15 días antes que las vacas. Todas las novillonas eran inseminadas artificialmente, después de la sincronización de celos y posteriormente eran expuestas a los toros.

Los partos ocurrieron a finales del invierno y primavera (abril 09 \pm 27 días) y el destete de los becerros en otoño (noviembre 09 \pm 25 días), a los siete

meses promedio de edad (214 ± 25 días). Las vacas no gestantes, o que no destetaban becerro, eran sistemáticamente eliminadas del hato. Las vacas tuvieron acceso, durante todo el año, a un suplemento mineral a base de sal, fósforo y minerales traza. Además, a las vacas se les inyectó a finales de invierno, vitaminas A, D y E, y en algunos años recibieron, en invierno, un suplemento proteico (excreta de pollo, con 24% de proteína cruda a razón de 1 kg diario por animal durante 60 a 90 días).

Mediciones

La información colectada de vacas fue: fecha de parto (DJP; 1 = 1° de enero y 365 = 31 de diciembre) y destete (DJD); pesos corporales al parto (PVP) y destete (PVD) y para los becerros, sexo, pesos al nacimiento (PN; tomados dentro de las primeras 24 horas de vida) y destete (PD). Se calculó, para las vacas: el intervalo entre partos (IEP; número de días entre dos partos consecutivos), eficiencia al destete (EFD = peso del becerro al destete / peso de la vaca al destete; MacNeil, 2005) y la productividad de las vacas (kg totales de becerro destetado en su vida productiva; Cundiff *et al.*, 1992). Se consideró la vida productiva de las vacas hasta los nueve años de edad (siete partos consecutivos). Para los becerros: edad al destete (ED) y ganancia diaria de peso predestete (GDP).

Para propósitos de análisis, los registros de las vacas fueron asignados de acuerdo a la fecha de su primer parto, iniciando el día juliano del año en que parió la primera vaca, a cuatro grupos de pariciones (GP1 a GP4), de 21 días consecutivos cada uno, de tal manera que cada vaca tuvo un solo grupo

inicial de parición (GP) para todas sus crías. En la Tabla I se reporta la distribución de los registros analizados en función del grupo de parición y número del parto.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico de los registros se asumió que las observaciones más cercanas en tiempo presentan mayor correlación que las lejanas, y que la varianza de medidas repetidas cambia con el tiempo. Así, el modelo utilizado fue lineal de efectos mixtos con medidas repetidas (partos consecutivos en la misma unidad experimental (la vaca) y diferente número de observaciones, i.e.:

$$y_{ijklm} = \mu + \beta_i + \gamma_j + \pi_k + v_{l(k)} + \eta_m + (\pi\eta)_{km} + e_{ijklm}$$

donde: y_{ijklm} es la respuesta en el m-ésimo parto, de la l-ésima vaca dentro del k-ésimo grupo de parición en el primer parto, en el j-ésimo año de parto e i-ésimo sexo del becerro. En el modelo se representa con literales itálicas a los efectos aleatorios y con griega a los fijos. La bondad de ajuste, al patrón de correlaciones observado dentro de unidades experimentales, fue juzgada con el criterio Bayesiano de Schwarz (SAS, 1996, Littell *et al.*, 1998). Para las pruebas de efectos fijos y comparación de medias se utilizó la matriz de covarianza con mejor ajuste.

Resultados y Discusión

Los promedios generales y desviación estándar para PN, PD, ED y GDP fueron: 39,1 ±3,5 kg, 234 ±35 kg, 214 ±25 días y 0,92 ±0,15 kg, respectivamente y para PVP, PVD, EFD, DJP e IEP: 504 ±50 kg, 558 ±58 kg,

0,47 \pm 0,7%, 99 \pm 27 días y 375 \pm 5 días, respectivamente. El sexo de los becerros tuvo efecto significativo ($P < 0,01$) sobre PN, PD, GDP y EFD. Efectos similares han sido reportados por Rogers *et al.* (2002) con vacas Wagyu y Angus. El efecto del año de parto fue significativo ($P < 0,01$) para todas las variables analizadas, lo cual coincide con lo reportado por Clement *et al.* (2003). El análisis de estas dos fuentes de variación se omitió por ser un lugar común y por la diversidad de factores de manejo y climáticos que participan en su manifestación. Su inclusión en el modelo fue con el propósito de reducir la magnitud del error experimental.

Comportamiento productivo

Al analizar el efecto del grupo de parición (GP), número del parto (NP) y su interacción sobre el comportamiento productivo de los becerros y vacas en siete partos consecutivos, se encontró que el GP afectó ($P < 0,05$) el PN, PD y ED de las crías (Tabla II). Así mismo, el NP fue estadísticamente diferente ($P < 0,01$) para PN, PD, ED, GDP, PVP, PVD y EFD (Tabla III). Sin embargo, debido a que la interacción entre el GP x NP fue significativa ($P < 0,01$) para PD, ED y EFD, en esta sección se presentarán los efectos principales de GP sobre el PN de las crías y del NP sobre el PN, GDP, PVP y PVD y posteriormente el efecto de la interacción (GP x NP) sobre el PD, ED y EFD.

El PN fue mayor ($P < 0,05$) para las vacas que parieron al inicio (GP1 y GP2) comparadas con las que parieron al final del periodo de partos (GP3 y GP4). Clement *et al.* (2003) reportaron resultados similares para vacas que parieron al final del invierno e inicio de la primavera y lo atribuyeron a la mejor

CC de las vacas al parto. Por otra parte, las GDP, PVP y PVD en los diferentes GP no difirieron. Lo anterior sugiere que el consumo de nutrientes para el mantenimiento, lactancia, gestación y/o incremento en peso fue similar en los periodos analizados. Esto también ha sido reportado por otros investigadores (García Paloma *et al.*, 1992; Clement *et al.*, 2003).

El número de parto, como efecto principal, incidió significativamente ($P < 0,01$; Tabla III) sobre las variables PN, GDP, PVP y PVD. Los becerros de vacas de primero y segundo parto (tres y cuatro años de edad) fueron más livianos ($P < 0,01$) al nacer (37,9 y 38,9 kg, respectivamente) y tuvieron menores GDP (0,88 kg) que los correspondientes a vacas de 3 ó más partos. Pesos al nacer más livianos de becerros de vacas jóvenes (2 a 4 años) han sido reportados por otros autores (BIF, 2002; Rogers *et al.*, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004). Estas diferencias se han atribuido al ambiente uterino de las vacas maduras, comparadas con sus contemporáneas más jóvenes o más viejas. Elzo *et al.* (1987) mencionan que las vacas maduras (5 a 8 años de edad), tuvieron una mayor capacidad para proveer los nutrientes necesarios y ambiente uterino para el desarrollo del feto, comparadas con vacas jóvenes que aún están en desarrollo y requieren nutrientes extras para crecer.

Las menores GDP de los becerros de vacas de uno y dos partos se pueden atribuir al efecto de la edad de la madre (BIF, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004). Las vacas jóvenes producen menor cantidad de leche debido a que son fisiológica y biológicamente inmaduras, situación que se refleja en menores GDP y PD, en comparación con las vacas maduras (5 a 10 años de

edad). Se encontró una asociación negativa ($r=-0,25$) entre GDP de los becerros y edad al destete. Esta correlación tiene menor impacto, en los primeros dos partos, sobre el PD que el atribuible a la edad. Posterior a estos partos dicha relación adquiere relevancia.

En sus primeros tres partos (3 a 5 años de edad) las vacas presentaron menores pesos al parto y destete que en los últimos (6 a 9 años de edad; Tabla III). Estas diferencias son atribuibles al avances de la madurez fisiológica y biológica de las vacas (BIF, 2002; Rogers *et al.*, 2002; Rumph y Van Vleck, 2004). Se encontró una alta correlación ($r=0,82$; $P<0,01$) entre el PVP y PVD. Ambas variables presentaron tendencias ascendentes hasta el cuarto parto (6 años de edad) a partir del cual se estabilizaron. Esta tendencia también fue reportada por Rogers *et al.* (2002) y BIF (2002). Los PVP fueron menores que los PVD, independientemente del NP. Esto indica un nivel nutricional aceptable entre el parto y destete, lo que a su vez se reflejó en los excelentes resultados observados en GDP y PD de los becerros y presumiblemente alta producción de leche de las vacas (BIF, 2002). Que las vacas ganen peso entre el parto y destete es una situación deseable y un indicador de buen manejo nutricional del hato, ya que se refleja en mejor comportamiento de crías del nacimiento al destete (Rogers *et al.* 2002) y mejor comportamiento reproductivo de las vacas en el periodo de apareamientos (Marshall *et al.*, 1990; García Paloma *et al.*, 1992).

La respuesta del PD, ED y EFD al grupo de parición difirió ($P<0,01$) entre partos. Si bien el PD promedio en el primer parto de vacas en el GP1 fue 16,

35 y 57 kg más alto ($P < 0,01$) que el de los becerros de las vacas en los GP2 a GP4, respectivamente (Tabla IV), estas diferencias disminuyeron a partir del segundo parto llegando a invertirse en partos posteriores. Sin embargo, el PD promedio, en siete partos, de los becerros de vacas en el GP1 fue 7, 9 y 14 kg más alto ($P < 0,01$) que los promedios de las vacas en los grupos GP2 a GP4, respectivamente.

Las diferencias apreciables entre GP en PD y ED ocurrieron en los primeros tres partos (Tabla IV); posteriormente se desvanecen. Así, en el primer parto las diferencias entre GP de estas variables son claras; en los partos dos y tres emergen traslapes y del cuarto parto en adelante no se detectaron ($P > 0,05$). En los partos sexto y séptimo las diferencias no fueron significativas, debido a la magnitud del error estándar, cuyo origen puede ser el tamaño de muestra en dichos partos. La hipótesis del presente trabajo es que los mayores PD de los becerros de vacas en los GP1 y GP2 serían resultado de mayores ED, ya que de acuerdo al reporte de Buddenberg *et al.* (1990), la fecha del primer parto tiene moderada heredabilidad; lo cual es sólo parte de la explicación. En la Tabla IV se observa que hasta el cuarto parto el PD disminuyó con la edad; a partir de este punto la relación se invierte. Así, la ventaja de las hembras que tienen su primer parto al inicio de la época de pariciones, se reducen a lo largo de su vida productiva, ya que tienden a parir en las fechas promedio (DJP) de la época de pariciones.

Las diferencias en PD en los diferentes GP se debieron a la ED de las crías y no a la GDP predestete, la cual fue similar entre grupos (Tabla II). Al

calcular la productividad de las vacas de los GP1 a GP4 en su vida productiva, se encontró que los kg totales de becerros destetados por vaca, en los siete partos, fueron 1617, 1568, 1554 y 1519 kg, para los GP1 a GP4, respectivamente. Por otra parte, el PD de los becerros es función de tres variables: PN, ED y GDP. El coeficiente de correlación de estas variables con PD fue 0,24, 0,44 y 0,75, respectivamente. En consecuencia, el coeficiente de determinación (r^2) de la GDP para PD de la cría, fue 0,56; al incluir la ED r^2 se elevó a 0,98. El rol del PN en la explicación del PD es muy bajo; situación que se observó en todos los casos de la interacción GP x NP.

Se observó una relación inversa tanto del PD como de la ED de los becerros con el DJP. Así, las vacas que parieron al inicio del periodo de pariciones (GP1 y GP2) tuvieron valores de DJP menores y mayores PD y ED de sus crías; esto se atribuyó a que el destete se realizó en una fecha fija para todas las crías cada año y a que las GDP predestete fueron similares. Por la estructura de su estimador la EFD varió directamente ($P < 0,05$) con el PD de los becerros ($r = 0,78$) e inversamente al PVD ($r = -0,44$). La magnitud de estas correlaciones y las tendencias antes ilustradas indican que la EFD tiene un perfil de comportamiento similar al del PD. Kress *et al.* (2001) y BIF (2002) aseveraron que la eficiencia económica y biológica de las vacas es proporcional al peso al destete de las crías por unidad de peso de sus madres.

El GP no afectó ($P > 0,05$) la EFD. Sin embargo, las vacas del GP1 tuvieron una EFD promedio de siete partos de 0,41 la cual fue: 0,2, 0,2, y 0,3 unidades superior a la de las vacas de los grupos GP2 a GP4,

respectivamente. Este se atribuye a diferencias en los PD de los becerros, ya que los PVD fueron similares en los diferentes grupos de parición. Lo anterior apoya la hipótesis de que las vacas que paren al inicio del periodo de pariciones en su primer parto destetan becerros más pesados en un año dado, producen más kilogramos totales de becerro en su vida y son más eficientes al destete. La EFD promedio de las vacas descendió con el número del parto (Figura 2), como resultado del incremento en el PVD y disminución del PD de los becerros (TablaIII). Las vacas en los GP1 y GP2 fueron más eficientes en los primeros dos partos, pero a partir del tercero su eficiencia convergió con el resto de los grupos. Se ha reportado que la EFD disminuye conforme aumenta el número del partos, como consecuencia natural del incremento en edad y peso corporal al destete de la vaca (Kress *et al.*, 2001).

Las vacas de los GP3 y GP4 tuvieron una EFD similar en los primeros tres partos, sin embargo, a partir del quinto parto la respuesta fue errática. A efecto de mejor interpretar la Figura 2, se debe hacer notar que existió sólo una observación, en los partos seis y siete, de las vacas del GP3 y dos observaciones para las vacas del GP4 (Tabla I).

Comportamiento reproductivo

La respuesta del DJP e IEP al grupo de parición difirió ($P < 0,01$) entre partos. El DJP promedio de siete partos consecutivos para las vacas del GP1 (103 días) fue menor ($P < 0,01$) 7, 12 y 21 días que el de vacas de los GP2 a GP4, respectivamente. Así mismo, el DJP de las vacas en los GP1 y GP2 fue

menor ($P < 0,01$) que el correspondiente a partos subsecuentes, como resultado de la estación programada del periodo de apareamientos (Figura 3).

Las vacas en los GP3 y GP4 continuaron pariendo al final de la época de partos en su vida productiva. Esto indica que, dada la estacionalidad de los partos, los animales en estos GP no tuvieron capacidad de reducir el DJP y, por consecuencia, tuvieron menor oportunidad que las vacas en los GP1 y GP2 de quedar preñadas en el siguiente periodo de apareamientos. Conforme se incrementó el número de partos, las vacas de los GP1 y GP2 tendieron a converger en una fecha promedio de partos, lo cual incrementa la probabilidad de que queden preñadas y lleguen a siete partos destetando un becerro por año (Rege y Famula, 1993).

Debido a que el destete se realizó el mismo día cada año y alrededor de la misma fecha todos los años (noviembre 09 ± 25 días), se encontró una relación inversa ($r = -0,58$) entre PD y ED con el DJP. Los becerros que nacen al inicio del periodo de pariciones son más pesados al destete, que los que nacen al final, por tener mayor ED (Clement *et al.*, 2003). Con las consideraciones anteriores, las vacas que parieron primero en su primer parto, repitieron este comportamiento en partos sucesivos y fueron más eficientes al destete y más productivas en su vida. Con los datos aquí analizados se estimó una repetibilidad (calculada como la correlación intraclase entre unidades experimentales; Steel y Torrie 1980; Lesmeister *et al.* 1973) para fecha de parto de magnitud moderada (0,2).

El efecto de la interacción GP x NP sobre el IEP fue importante ($P < 0,01$; Tabla V). La duración del primer IEP del GP1 fue 12, 33 y 35 días mayor al de los GP2 a GP4, respectivamente. Las vacas que parieron al final del periodo de pariciones (GP3 y GP4 en su primer parto, tuvieron un IEP de alrededor de un año a través de su vida productiva, en contraposición con las vacas que parieron al inicio del periodo de partos. Sin embargo, debido a que las primeras mantuvieron sus partos al final de la época de pariciones, fueron menos productivas y eficientes al destete. Por otra parte, las vacas que parieron al inicio del periodo de pariciones (GP1 y GP2) presentaron un IEP de alrededor de un año a partir del tercer y cuarto intervalo, respectivamente.

Lo anterior tiene dos posibles explicaciones: primera, como el periodo de apareamientos fue de corta duración y se realizó en una fecha fija, las vacas que parieron al inicio del periodo de pariciones tuvieron un período más amplio entre parto e inicio del periodo de apareamientos, lo que les confirió mayor oportunidad de romper el anestro posparto. Werth *et al.* (1996) mencionan que cuando el periodo de apareamientos es controlado, las vacas que paren al inicio del periodo de pariciones probablemente presentan su primer celo antes del inicio del siguiente periodo de apareamientos, pero no conciben y consecuentemente tienen IEP más largos, debido a que aún no habían sido expuestas al toro. Segunda, el efecto bioestimulante sobre la reducción del intervalo posparto, originado por la pronta exposición a toros de las vacas que parieron al final de la temporada (Spitzer 1998; Berardinelli y Joshi, 2005), y posiblemente al mejor ambiente nutritivo de esta temporada (García Paloma *et al.*, 1992; Spitzer 1998).

Estos datos muestran que el IEP es una medida sesgada y poco confiable de eficiencia reproductiva de las vacas, bajo las condiciones de manejo aquí descritas, por lo que no es recomendable utilizarlo como herramienta de selección a temprana edad de vacas en hatos con periodo de apareamientos controlado, y en donde se desechan las vacas improproductivas. Las ventajas de las vacas en los GP1 y GP2 respecto al PD (Tabla IV), EFD y DJP (Figuras 2 y 3, respectivamente); así como la desventaja de tener IEP más largos (Tabla V) se reducen a lo largo de su vida productiva. Todas las variables medidas en las vacas de este estudio convergen a partir del tercero o cuarto parto, esto en razón de que el avance fisiológico y biológico de los animales tiende a disminuir el efecto de la programación del periodo de apareamientos. Así, la mayor productividad (kilogramos totales de becerro destetados) y mejor EFD en la vida productiva de las vacas en los GP1 y GP2 se origina en sus primeros dos o tres partos. Por otra parte, a pesar de que las vacas en los GP3 y GP4 tuvieron los IEP más cortos, fueron menos productivas.

Conclusiones

Las vacas que parieron al inicio de la época de pariciones en su primer parto tuvieron mejor comportamiento productivo (kilogramos totales de becerro destetado y eficiencia de la vaca al destete) y reproductivo (menor DJP) en su vida productiva que las vacas que parieron al final de las pariciones. El intervalo entre partos de las vacas que parieron al inicio del periodo de partos en su primer parto fue más prolongado. La magnitud de todas las variables convergieron a partir del tercero o cuarto parto, lo que indica que las

diferencias en comportamiento productivo y reproductivo entre grupos de parición se manifiesta en los primeros dos partos. Finalmente, la fecha del primer parto es un buen indicador del comportamiento productivo subsecuente en la vida de vacas sujetas a periodos de apareamientos controlado (duración y época) en las zonas semidesérticas del noreste de México.

REFERENCIAS

- Berardinelli JG, Joshi PS (2005) Introduction of bulls at different days postpartum on resumption of ovarian cycling activity in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 83: 2106-2110.
- BIF (2002) Guidelines for uniform beef improvement programs. 8th ed. Beef Improvement Federation. Athens, GA: USA. 161 p.
- Bourdon RM, Brinks JS (1983) Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 57: 1412-1417.
- Buddenberg BJ, Brown CJ, Brown AH (1990) Heritability estimates of calving date in Hereford cattle maintained on range under natural mating. *J. Anim. Sci.* 68: 70-74.
- Clement JC, Poland WW, Ringwall K (2003) Effects of calving season on cow/calf production in the Northern Plains – calf performance. Dickinson Research Extension Center. Annual Report. North Dakota State University. pp. 258-262.
- CONAGUA, 2006. Comisión Nacional del Agua. Saltillo, Coahuila, México.
- Cundiff LV, Nuñez-Dominguez R, Dickerson GE, Gregory KE, Koch RM (1992) Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows *J. Anim. Sci.* 70: 2397-2410.
- de Torre LG, Brinks JS (1990) Some alternatives to calving date and interval as measures of fertility in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 2650-2657.
- Elzo MA, Quass RL, Pollak EJ (1987) Effects of age-of-dam on weight traits in the Simmental population. *J. Anim. Sci.* 64: 992-1001.
- García Paloma JA, Alberio R, Miquel MC, Grondona MO, Carrillo J, Schiersmann G (1992) Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter calving Aberdeen Angus herd. *Anim. Prod.* 55: 177-184.

- Kress DD, Anderson DC, Stevens JD, Miller ET, Hirsch TS, Sprinkle JE, Davis KC, Boss DL, Bailey DW, Ansotegui RP, Tess MW (2001) Calf weight/cow weight ratio at weaning as a predictor of beef cow efficiency. *Proc. Western Sec. Am. Soc. of Anim. Sci.* 52: 137-139.
- Lesmeister JL, Burfening PJ, Blackwell RL (1973) Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J. Anim. Sci.* 36: 1-6.
- Littell RC, Henry PR, Ammerman, CB (1998) Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* 76: 1216-1231.
- MacNeil MD (2005) Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. *J. Anim. Sci.* 83:794-802.
- Marshall DM, Minqiang W, Freking BA (1990) Relative calving date of first-calf to production efficiency and subsequents reproductive performance. *Journal of Animal Science.* 68: 1812-1817.
- Rege JEO, Famula TR (1993) Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Anim. Prod.* 57: 385-395.
- Rogers PL, Gaskins CT, Johnson KA (2002) Cow efficiency and calf growth to weaning of purebred Wagyu and Angus cows with purebred and reciprocally crossed calves. *Proc. Western Sec. Am. Soc. of Anim. Sci.* 53: 33-36.
- Rumph JM, Van Vleck LD (2004) Age-of-dam adjustment factors for birth and weaning weight records of beef cattle: a review. *Genetics and Molecular Res.* 3: 1-17.
- SAS (1996) SAS/STAT Software. Changes and Enhancements through Release 6.11. SAS Inst., Inc., Cary, NC: USA. 775 p.
- Spitzer JC (1998) Influence of biostimulation on enhancement of reproductive performance in beef cattle. *Clemson University. Bull. BC-* 2012. 5 p.
- Steel RGD, Torrie JH 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (2nd Ed.). McGraw-Hill Publishing Co., New York. 623 p.
- Troxel TR, Wallace B (2001) Cow herd performance testing. *University of Arkansas. Coop. Ext. Serv. Bull. ESA-3044.* 6 p.
- Vásquez AR, Villarreal QJA, Valdés RJ (1989) Las plantas de pastizales del Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles" municipio de Saltillo, Coahuila. Folleto de Div. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. Vol. II (8). 20 p.

Werth LA, Azzam SM, Kinder JE (1996) Calving interval in beef cows at 2, 3, and 4 years of age when breeding is not restricted after calving. *J. Anim. Sci.* 74: 593-596.

TABLA I
NÚMERO DE REGISTROS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DEL EFECTO DEL PERÍODO DEL PRIMER PARTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE VACAS CHAROLAIS EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO.

Parto	Grupo de parición ¹				Total
	1	2	3	4	
1	89	53	29	30	201
2	68	36	25	22	151
3	47	22	15	12	96
4	37	19	10	8	74
5	26	12	8	5	51
6	19	7	1	2	29
7	12	5	1	2	20
Total	298	154	89	81	622

¹ Conjunto de fecha al primer parto por periodos de 21 días consecutivos.

TABLA II
PROMEDIOS Y ERRORES ESTÁNDAR ESTIMADOS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA GRUPO DE PARICIÓN AL PRIMER PARTO DE BECERROS Y VACAS CHAROLAIS EN SIETE PARTOS CONSECUTIVOS EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO.

Característica	Grupo de parición ¹				EE ²
	1	2	3	4	
No. de obs.	298	154	89	81	
Becerras					
PN (kg)	39,9 a	40,0 a	38,2 b	38,4 b	0,04
PD (kg)	231 a	224 ab	222 ab	217 b	4
ED (días)	212 a	208 ab	202 bc	197 c	3
GDP (g)	912	896	920	917	14
Vacas					
PVP (kg)	515	525	512	511	9
PVD (kg)	569	576	556	562	9
EFD	0,41	0,39	0,39	0,38	0,06

PN=peso al nacer, PD=peso al destete, ED=edad al destete, GDP=ganancia diaria de peso, PVP=peso de la vaca al parto, PVD=peso de la vaca al destete, EFD=eficiencia de la vaca al destete.

¹ conjunto de fecha al primer parto por periodos de 21 días consecutivos.

² Error estándar promedio

abc Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren (P<0,05).

TABLA III
 PROMEDIOS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA
 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE BECERROS Y VACAS CHAROLAIS
 CON DIFERENTE NÚMERO DE PARTO EN EL NORESTE DE MÉXICO.

Caract.	Número de Parto							EE ¹
	1	2	3	4	5	6	7	
Nº de obs.	201	151	96	74	51	29	20	
PN, kg	37,9 a	38,9 b	39,3 b	39,6 b	40,0 b	39,4ab	39,0ab	0,5
GDP, kg	881 a	886 a	932 b	934 b	918 ab	935 ab	877 ab	17
PVP, kg	470 a	487 b	520 c	532 cd	530 cd	542 d	530 cd	6
PVD, kg	520 a	540 b	564 c	579 cd	584 d	583 d	591 d	6

PN=peso del becerro al nacer, GDP=ganancia diaria de peso, PVP=peso de la vaca al parto, PVD= peso de la vaca al destete.

¹Error estándar promedio

abcd Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren ($P<0,01$).

TABLA IV
 PROMEDIOS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA
 PESO CORPORAL Y EDAD AL DESTETE DE BECERROS CHAROLAIS EN
 CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO.

Característica	Número de Parto	Grupo de Parición ¹				EE ²
		1	2	3	4	
Peso al destete (kg)	1	260 a	244 b	225 c	203 d	4
	2	232 a	230 a	224 ab	213 b	6
	3	220 b	222 ab	237 a	226 ab	8
	4	228	217	230	211	8
	5	222	225	213	230	12
	6	221	219	240	207	14
	7	232	209	183	226	15
	Todos	231 a	224 ab	222 ab	217 b	4
Edad al destete (días)	1	250 a	235 b	209 c	192 d	3
	2	219 a	214 a	207 b	202 b	4
	3	204 a	203 a	208 a	191 b	4
	4	200	196	196	196	5
	5	198	201	195	214	6
	6	202	203	201	187	7
	7	210	202	201	199	9
	Todos	212 a	208 ab	202 bc	197 c	3

¹ Conjunto de fecha al primer parto por periodos de 21 días consecutivos.

² Error estándar promedio

abcd Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren ($P<0,01$).

TABLA V
 PROMEDIOS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA
 EL INTERVALO ENTRE PARTOS (DÍAS) DE VACAS CHAROLAIS EN SIETE
 PARTOS CONSECUTIVOS EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DEL NORESTE
 DE MÉXICO.

Intervalo	Grupo de parición ¹				EE ²
	1	2	3	4	
1 ^o	401 a	389 b	368 c	366 c	3
2 ^o	381 a	379 a	371 b	374 b	5
3 ^o	364	374	366	365	6
4 ^o	362 a	365 a	371 a	343 b	7
5 ^o	362	371	386	385	9
6 ^o	359	362	346	362	10
Todos	371	373	369	366	4

¹ conjunto de fecha al primer parto por periodos de 21 días consecutivos.

² Error estándar promedio

abc Promedios con letras distintas en la misma hilera difieren (P<0,05).

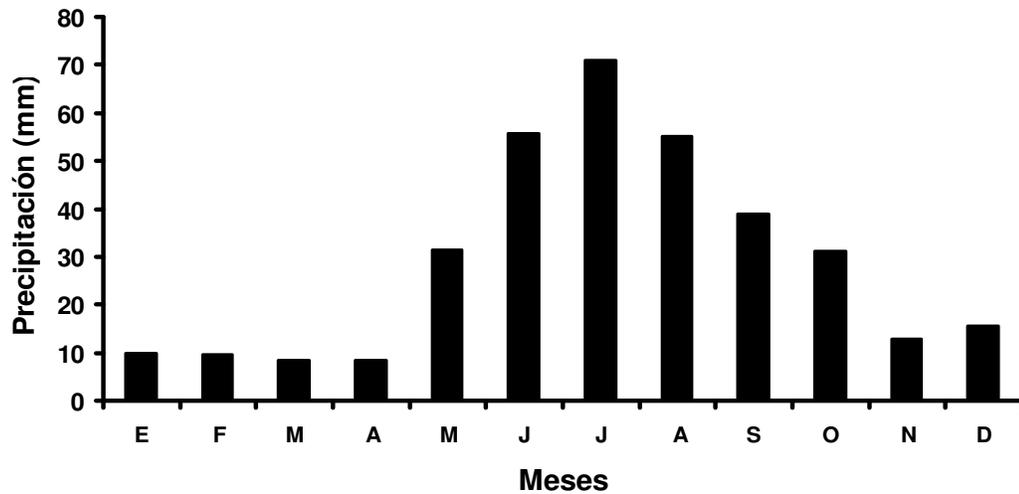


Figura 1. Promedio de precipitación mensual 1990-2000 en dos estaciones meteorológicas próximas al rancho donde se llevó a cabo el experimento (CONAGUA, 2006).

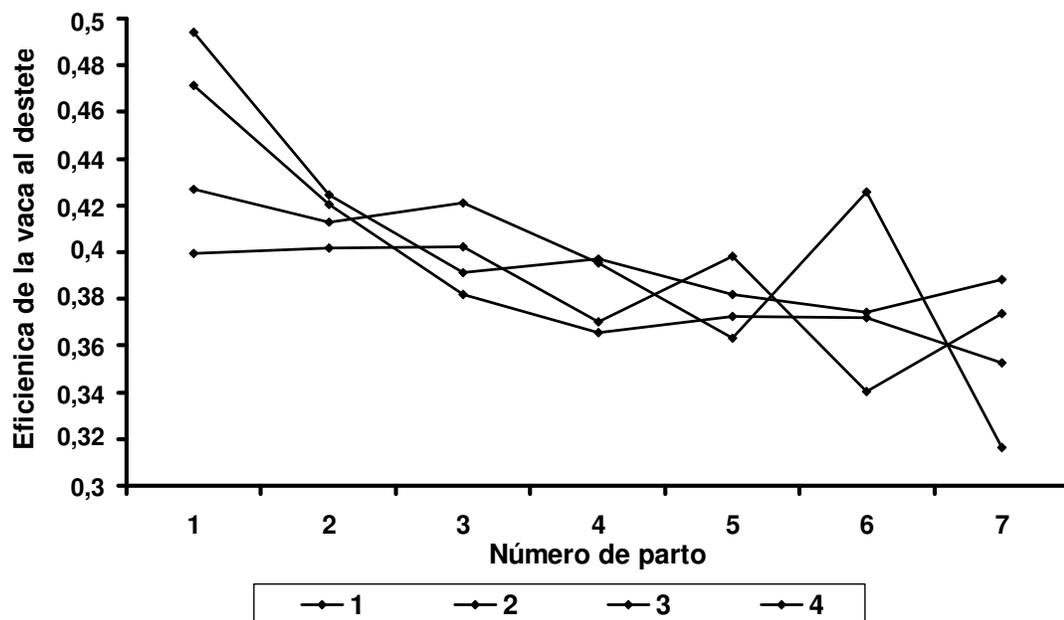


Figura 2. Eficiencia de vacas Charolais al destete en siete partos consecutivos en condiciones semiáridas del noreste de México.

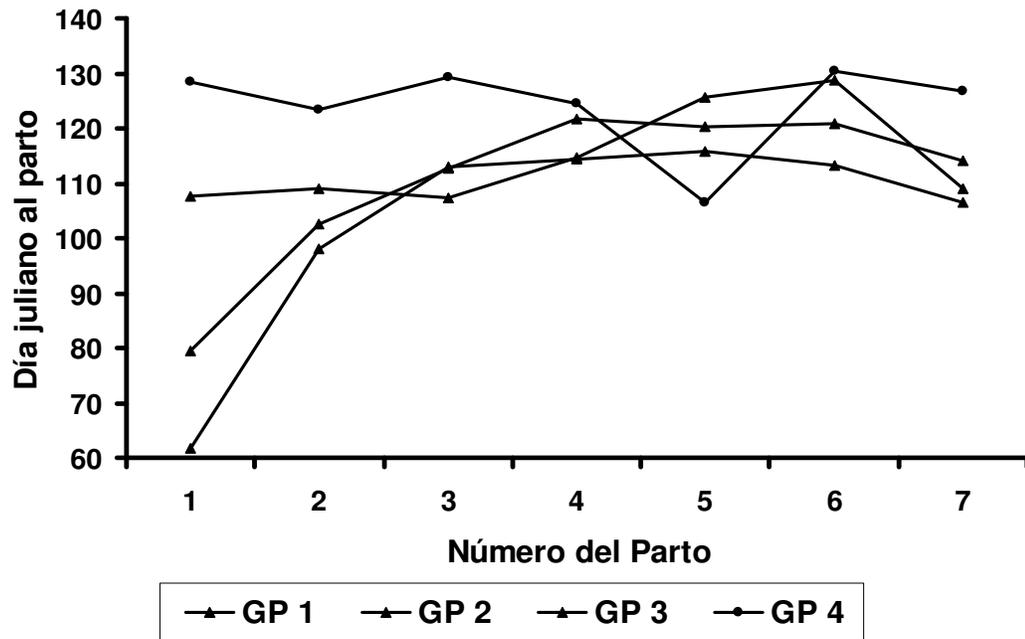


Figura 3. Día juliano al parto de vacas Charolais en siete partos consecutivos en condiciones semiáridas del noreste de México.

4. CONCLUSIONES

En condiciones semidesérticas, un adecuado comportamiento productivo y reproductivo puede ser alcanzado manteniendo vacas con una condición corporal al parto entre 5 y 6. Vacas con condición corporal al parto menor de 5 y mayores o iguales a 7 mostraron menores porcentajes de preñez. Cuando las vacas llegan con adecuadas reservas de energía al parto, los cambios de condición corporal después del parto no tuvieron influencia sobre el comportamiento productivo y reproductivo, a excepción del porcentaje de preñez. Bajo las condiciones del presente estudio, una condición corporal al destete mayor de 6 le permite a la vaca sortear el invierno y llegar al periodo de apareamientos con suficientes reservas de energía para lograr altos porcentajes de preñez.

Las vacas con lactancias largas (ocho meses promedio), tuvieron mejor comportamiento productivo (kg totales de becerro destetado y eficiencia de la vaca al destete) y reproductivo (menores días julianos al parto y a la preñez en la siguiente lactancia que las vacas con lactancia promedio y corta). La duración de la lactancia actual no tuvo influencia sobre los porcentajes de preñez en la lactancia siguiente. La duración de la lactancia es un buen indicador del comportamiento productivo en la siguiente lactancia en vacas sujetas a periodos de apareamientos controlado (duración y época) en las zonas semidesérticas del noreste de México.

Las vacas que parieron por primera vez al inicio de la época de partos tuvieron mejor eficiencia productiva (kilogramos totales de becerro destetado y eficiencia de la vaca al destete) y reproductivo (menor día juliano al parto y preñez) en su vida productiva que vacas que parieron al final del periodo de pariciones. El intervalo entre partos de las vacas que parieron al inicio del periodo de partos fue más prolongado. La magnitud de todas las variables convergieron a partir del tercero o cuarto parto, por lo que se puede aseverar que las diferencias en comportamiento entre grupos de parición se origina en los primeros dos o tres partos. La fecha del primer parto es un buen indicador del comportamiento productivo subsecuente en la vida de vacas sujetas a periodos de apareamientos controlados (duración y época) en las zonas semidesérticas del noreste de México.

5. LITERATURA CITADA

- Adams, D.C., R.T. Clark, T.J. Klopfenstein and J.D. Volesky. 1987. Matching the cow with forage resources. *Rangelands* 18: 57-62.
- Adams, D.C., R.B. Staigmilller, B.W. Knapp and J.B. Lamb. 1993. Native and seeded rangeland for cows with high or low milk production. *J. Range Manage.* 46: 474-478.
- Adams, D.C. 2003. Strategically feeding protein and energy during wintering and managing cow condition. Proc. The Range Beef Cow Symposium XVIII. Mitchel, Nebraska, U.S.A. 9 p.
- Adams, D.C., and L.A. Stalker. 2005. Applying weaning management strategies in beef production systems. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 2):48.
- Arango, J.A., L.V. Cundiff and L.D. Van Vleck. 2002. Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. *J. Anim. Sci.* 80: 3112-3122.
- Bellows, R.A., R.E. Short and G.V. Richardson. 1982. Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 55: 18-27.
- Bellows, R.A., and R.E. Short. 1994. Reproductive losses in the beef industry. In: M.J. Fields and R.S. Sand (Ed.) *Factors affecting calf crop.* pp 109-122. CRC Press, Boca Raton, FL. U.S.A.
- BIF. 2002. *Guidelines for uniform beef improvement programs.* (8th ed.). Beef Improvement Federation. Atenas, GA. U.S.A.
- Bishop, D.K., R.P. Wettemann and L.J. Spicer. 1994. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J. Anim. Sci.* 72: 2703-2708.
- Bossis, I., S.D. Welty, R.P. Wettemann, J.A. Viscarra and L.J. Spicer. 1996. Ovarian and endocrine changes before the onset of nutritionally induced anovulation in beef heifers. Disponible en: <http://ansi.okstate.edu/research/1996rr/54.pdf>. Consultado Octubre 13, 2003.
- Bourdon, R.M., and J.S. Brinks. 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 57: 1412-1417.

- Buskirk, D.D., R.P. Lemanager and L.A. Horstman. 1992. Estimation of net energy requirements (EN_m and EN) of lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 70: 3867-3876.
- Butler, W.R., and R.D. Smith. 1989. Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive functions in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72: 767-783.
- Butler, W.R. 2003. Nutrition and reproduction loss-can we feed our way out of it?. The 2nd Bi-Annual W.E. Peterson Symposium. "Reproductive loss in Dairy Cows: Is The trends reversible?." University of Minnesota. pp 22-30. disp. en: http://www.ansci.umn.edu/petersen_symposium/butler.pdf. Consultado: agosto 04, 2003.
- Carpenter, B.B. 1998. Beef cattle reproduction in the south Texas region of Tamaulipas Biotic Province. En: *Memorias Taller de ganadería de bovinos de carne del noreste de México y sur de Texas*. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. pp 145-152.
- Ciccioli, N.H., R.P. Wettemann, L.J. Spaicer, C.A. Lents, F.J. White and D.H. Keisler. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 81: 3107-3120.
- Clement, J.C., W.W. Poland and K. Ringwall. 2003. Effects of calving season on cow/calf production in the Northern Plains – calf performance. Dickinson Research Ext. Center. Annual Report. North Dakota State University. pp 258-262.
- Corah, L.R., T.G. Dunn and C.C. Kaltenbach. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. *J. Anim. Sci.* 41: 819-824.
- Cundiff, L.V., R. Nunez-Dominguez, G.E. Dickerson, K.E. Gregory and R.M. Koch. 1992. Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows *J. Anim. Sci.* 70: 2397-2410.
- Davis, M.E., J.J. Rutledge, L.V. Cundiff and E.R. Hauser. 1983. Life cycle efficiency of beef production: II. Relationship of cow efficiency ratios to traits of the dam and progeny weaned. *J. Anim. Sci.* 57: 852-866.
- DeRouen, S.M., D.E. Franke, D.G. Morrison, W.E. Wayatt, D.F. Coombs, T.W. White, P.E. Humes and B.B. Green. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cow. *J. Anim. Sci.* 72: 1119-1125.
- de Torre, L.G., and J.S. Brinks. 1990. Some alternatives to calving date and interval as measures of fertility in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 2650-2657.

- Dunn, T.G., and C.C. Kaltenback. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51: 21-29.
- Dunn, T.G. y G.E. Moss. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70: 1580-1593.
- Elzo, M.A., R.L. Quass and E.J. Pollak. 1987. Effects of age-of-dam on weight traits in the Simmental population. *J. Anim. Sci.* 64: 992-1001.
- FIRA, 1996. Elementos de análisis de las cadenas productivas. Carne de bovino. Documento Técnico. México. 64 p.
- Freetly, H.C., C.L. Ferrel and T.G. Jenkins. 2000. Timing of realimentation of mature cows that were feed-restricted during pregnancy influences calf birth weights and growth rates. *J. Anim. Sci.* 78: 2790-2796.
- Freetly, H.C., C.L. Ferrel and T.G. Jenkins. 2005. Nutritionally weight gain patterns of pregnant heifers and young cows changes the time that feed resources are offered without any differences in production. *J. Anim. Sci.* 83: 916-926.
- Friggens, N.C., H.M. Nielsen, P. Lovendahl, K.L. Ingvarsen and J. Jensen. 2001. The effect of breed and parity on the relationship between condition score and live weight in dairy cows. *Proc. British Soc. of Anim. Sci.* p. 218.
- García-Elizondo, R., R. López-Trujillo y M. Mellado-Bosque. 2001. Comportamiento productivo y reproductivo de Charoláis y Hereford en el sureste de Coahuila. Memorias XXIX Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA), UAM Agronomía y Ciencias Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria Tamaulipas México. pp 339-342.
- García Paloma, J.A., R. Alberio, M.C. Miquel, M.O. Grondona, J. Carrillo and G. Schiersmann. 1992. Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter calving Aberdeen Angus herd. *Anim. Prod.* 55: 177-184.
- Goehring, T.B., L.R. Corah and J.J. Higgins. 1989. Effects of energy and lasalocid on productivity of first-calf heifers. *J. Anim. Sci.* 67: 1879-1888.
- Grimard, B., P. Humblot, A.A. Ponter, J.P. Mialot, D. Souvant and M. Thibier. 1995. Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J. Reprod. Fertil.* 104: 173-179.
- Grings, E.E., R.E. Short and R.K. Heitschmidt. 2000. Effects of season of calving on weaning age on cow and calf production through weaning. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 51: 125-127.

- Grings, E.E., R.E. Short and R.K. Heitschmidt. 2003. Effects of calving date and weaning age on cow and calf production in the Northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 81 (Suppl.1): 169 Abstract.
- Grings, E.E., R.E. Short, K.D. Klement, T.W. Geary, M.D. MacNeil, M.R. Haferkamp and R.K. Heitschmidt. 2005. Calving system and weaning age effects on cow and preweaning calf performance in the Northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 83: 2671-2683.
- Grummer, R.R. 1993. Etiology of lipid related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.* 76: 3882-3888.
- Hammack, S.P., and R.J. Gill. 2001. Frame size and weight of cattle. *Bull. L-5176. Texas Agric. Ext. Serv. Texas A & M University.* 5 p.
- Hawkins, D.E., M.K. Petersen, M.G. Thomas, J.E. Sawyer and R.C. Waterman. 1999. Can beef heifers and young postpartum cows be physiologically and nutritionally manipulated to optimise reproductive efficiency?. *Proc. Am. Soc. of Anim. Sci.* 10 p.
- Herd, D.B., and L.R. Sprott. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Texas A&M Univ. Ext. Bull.* 1526, College Station. 11 p.
- Hess, B.W., S.L. Lake, E.J. Scholljegerdes, T.R. Weston, V. Nayigihugu, J. D.C. Molle and G.E. Moss. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.* 83 (E. Suppl.): E90-E106.
- Houghton, P.L., R.P. Lemenager, L.A. Horstman, K.S. Hendrix and G.E. Moss. 1990a. Effect of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68: 1438-1446.
- Houghton, P.L., R.P. Lemenager, G.E. Moss and K.S. Hendrix. 1990b. prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. *J. Anim. Sci.* 68: 1428-1437.
- Kress, D.D., D.C. Anderson, J.D. Stevens, E.T. Miller, T.S. Hirsch, J.E. Sprinkle, K.C. Davis, D.L. Boss, D.W. Bailey, R.P. Ansotegui and M.W. Tess. 2001. Calf weight/cow weight ratio at weaning as a predictor of beef cow efficiency. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 52: 137-139.
- Kunkle, B., J. Fletcher and D. Mayo. 2002. Feeding the cow herd. *Florida cow-calf management, 2nd ed. Coop. Ext. Service. Florida State University.* 38 p.
- Lalman, D.L., D.H. Keisler, J.E. Williams, E.J. Scholljegerdes and D.M. Mallet. 1997. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 2003-2008.

- Lalman, D.L., J.E. Williams, B.W. Hess, M.G. Thomas and D.H. Keisler. 2000. Effect of dietary energy intake on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. *J. Anim. Sci.* 78: 530-538.
- Lents, C.A., M.L. Loooper and R.P. Wettemann. 1997. Effects of postpartum body condition score of beef cows on milk components and weaning weights of calves. Research Report. Oklahoma State University. pp 54-59.
- López T., R. y García E. R. 1998. Aspectos de manejo de bovino de carne en el sureste de Coahuila. *Memorias Semana de Ciencia Animal. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.* pp. 31-34.
- Lucy, M.C. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 1635-1647.
- Lucy, M.C. 2003. Physiological mechanisms leading to reproductive decline in dairy cattle. The 2nd Bi-Annual W.E. Peterson Symposium. "Reproductive loss in Dairy Cows: Is The trends reversible?." University of Minnesota. pp 3-12. Disponible en: http://www.ansci.umn.edu/petersen_symposium/Lucy.pdf. Consultado: Agosto 04, 2003.
- MacNeil, M.D. 2005. Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. *J. Anim. Sci.* 83: 794-802.
- Macmillan, K.L. 1997. Why don't cows cycle. University of Melbourne, Australia. Disponible en: http://www.dexel.co.nz/pdf_files/rfc_1997/rfc97_moc.pdf. Consultado: Septiembre 17, 2003.
- Marshall, D.M., W. Minqiang and B.A. Freking. 1990. Relative calving date of first-calf to production efficiency and subsequents reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 68: 1812-1817.
- Marston, T.T., D.D. Simms, R.R. Schalles, K.O. Soellner, L.C. Martin and G.M. Fink. 1992. Relationship of milk production, milk expected progeny difference, and calf weaning weight in Angus and Simmental cow-calf pairs. *J. Anim. Sci.* 70: 3304-3310.
- Marston, T.T., K.S. Lusby, R.P. Wettemann and H.T. Purvis. 1995. Effects of feeding energy or protein supplements before or after calving on performance of spring-calving cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 73: 657-664.
- May, G.L., L.W. Van Tassell, J.W. Waggoner and M.A. Smith. 1999. Relative costs of feeding strategies associated with winter/spring calving. *J. Range Manage.* 52: 560-568.
- Meacham, N.S., and D.R. Notter. 1987. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.* 64: 701-705.

- Morrison, D.G., J.C. Spitzer and J.L. Perkins. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *J. Anim. Sci.* 77: 1048-1054.
- Northcutt, S.L., D.E. Wilson and R.L. Willham. 1992. Adjusting weight for body condition score in Angus cows. *J. Anim. Sci.* 70: 1342-1245.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. (updated 7th ed). Natl. Acad. Press, Washington, D.C.
- Pérez H., P., C. Sánchez del R. y J. Gallegos S. 2001. Anestro postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Invest. Agr.: Prod. Anim.* 16: 257-270.
- Perry, R.C., L.R. Corah, K.C. Cochran, W.E. Beal, J.S. Stevenson, J.E. Minton, D.D. Simms and J.R. Brethour. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 69: 3762-3773.
- Randel, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853-862.
- Rege, J.E.O. and T.R. Famula. 1993. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Anim. Prod.* 57: 385-395.
- Richards, M.W., J.C. Spitzer and M.B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62: 300-306.
- Rhodes, F.M., S. McDougall, C.R. Burke, G.A. Verkerk and K.L. Macmillan. 2003. Invited Review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy Sci.* 86: 1876-1894.
- Rivera V., M., F. Espinosa G., M.A. Mireles L., F. Floriuk G. y L. Iruegas E. 1997. Oportunidades para el desarrollo de la ganadería productora de carne en México. FIRA. Boletín Informativo. México. Vol. XXX No. 259. 52 p.
- Rogers, P.L., C.T. Gaskins and K.A. Johnson. 2002. Cow efficiency and calf growth to weaning of purebred Wagyu and Angus cows with purebred and reciprocally crossed calves. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 53: 33-36.
- Rumph, J.M., and L.D. Van Vleck. 2004. Age-of-dam adjustment factors for birth and weaning weight records of beef cattle: a review. *Genetics and Molecular Research* 3: 1-17.

- Rutter, L., D. Engstom and R. Hand. 2000. Body condition: Implications for managing beef cows. Disponible en: <http://www1.agric.gob.ab.ca>. Consultado: Julio 12, de 2004.
- Schultz, C.L., D.G. Ely, D.K. Aaron, B.T. Burden and J. Wyles. 2005. Comparison of an early and normal weaning management system on cow and calf performance while grazing endophyte-infected tall fescue pastures. *J. Anim. Sci.* 83: 478-485.
- Selk, G.E., R.P. Wettemann, K.S. Lusby, J.W. Oltjen, S.L. Mobley, R.J. Rasby and J.C. Garmendia. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66: 3153-3159.
- Short, R.E., R.A. Bellows, R.B. Staigmiller, J.G. Berardinelli and E.E. Custer. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 799-816.
- Short, R.E., E.E. Grings, M.D. MacNeil, R.K. Heitschmidt, M.R. Haferkamp and D.C. Adams. 1996. Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow performance. *J. Anim. Sci.* 74: 1701-1710.
- Spitzer, J.C., D.G. Morrison, R.P. Wettemann and L.C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weight as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73: 1251-1257.
- Stagg, K., L.J. Spicer, J.M. Sreenan, J.F. Roche and M.G. Diskin. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biol. Reprod.* 59: 777-783.
- Story, C.E., R.J. Rasby, R.T. Clark and C.T. Milton. 2000. Age of calf at weaning of spring-calving beef cows and the effect on cow and calf performance and production economics. *J. Anim. Sci.* 78: 1403-1413.
- Swanson, L.V. 1989. Discussion - interactions of nutrition and reproduction. *J. Dairy Sci.* 72: 805-814.
- Tennant, C.J., J.C. Spitzer, W.C. Bridges, Jr. and J.H. Hamton. 2002. Weight necessary to change body condition scores in Angus cows. *J. Anim. Sci.* 80: 2031-2035.
- Tess, M.W., and B.W. Kolstad. 2000. Simulation of cow-calf production system in a range environmental: I. Model development. *J. Anim. Sci.* 78: 1159-1169.
- Troxel, T.R., and B. Wallace. 2001. Cow herd performance testing. University of Arkansas. Coop. Ext. Serv. Bull. ESA-3044. 6 p.

- Vargas, C.A., T.A. Olson, C.C. Chase, Jr., A.C. Hammond and M.A. Elzo. 1999. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 3140-3149.
- Werth, L.A., S.M. Azzam and J.E. Kinder. 1996. Calving interval in beef cows at 2, 3, and 4 years of age when breeding is not restricted after calving. *J. Anim. Sci.* 74: 593-596.
- Wettemann, R.P., and I. Bossis. 1999. Energy intake regulates ovarian functions in beef cattle. *Proc. Am. Soc. of Anim. Sci.* 10 p.
- Wettemann, R.P., C.A. Lents, N.H. Ciccioli, F.J. White and I. Rubio. 2003. Nutritional - and suckling-mediated anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.* 81 (E. Suppl. 2): E48-E59.
- Whitter, J.C., R.C. Torrel, D. Chamberlin, J. Carr and B. Zollinger. 1996. Time of weaning and cow condition. *Coop. Ext. Serv. University of Nevada. Bull.* CL-747. 6 p.
- Wiley, J.S., M.K. Petersen, R.P. Ansotegui and R.A. Bellows. 1991. Production from first-calf beef heifers fed a maintenance or low level of prepartum nutrition and ruminally undegradable or degradable protein postpartum. *J. Anim. Sci.* 69: 4279-4293.
- Williams, G.L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 68: 831-852.
- Wiltbank, J.N. 1970. Research needs in beef cattle reproduction. *J. Anim. Sci.* 31: 755-762.
- Wiltbank, J.N. 1994. Challenges for improving calf crop. In: M.J. Fields and R.S. Sand (Ed.) *Factors affecting calf crop.* p 1-13. CRC Press, Boca Raton, FL. U.S.A.