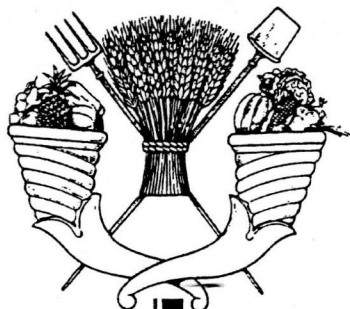




**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL**

**NUTRICION PREPARTO Y CONDICION CORPORAL AL  
PARTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO POSTPARTO  
EN VACAS PRODUCTORAS DE CARNE Y SUS CRIAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCION ANIMAL**

**P R E S E N T**

**ALEJANDRO LARA BUENO**



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
AUTORIDAD DE EXAMENES PROFESIONALES



CHAPINGO, MEXICO.1996

DX 85637



**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL**

**NUTRICION PREPARTO Y CONDICION CORPORAL AL PARTO  
SOBRE EL COMPORTAMIENTO POSTPARTO EN VACAS  
PRODUCTORAS DE CARNE Y SUS CRIAS**

**TESIS  
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

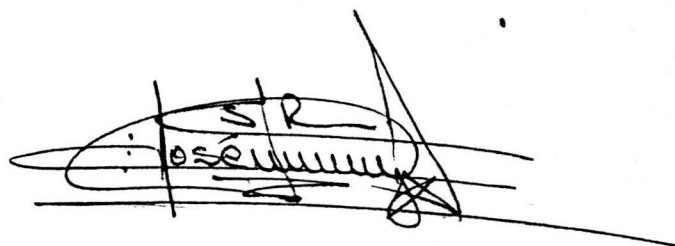
**PRESENTA**

**ALEJANDRO LARA BUENO**

**CHAPINGO, MEXICO. 1996.**

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL COMITE ASESOR  
INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN**  
**PRODUCCION ANIMAL**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "SR José Solís Ramírez", with a large, sweeping flourish extending to the right.

**PRESIDENTE**

**M Sc. José Solís Ramírez**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "O. B. Bohorov", with a large, sweeping flourish extending to the right.

**ASESOR**

**Dr. Ognian Vanguelov Bohorov**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Quito López Tirado", with a large, sweeping flourish extending to the right.

**ASESOR**

**Dr. Quito López Tirado**

CHAPINGO, MEXICO. 1996

31072

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL M Sc. JOSE SOLIS RAMIREZ, FUE REVISADA Y APROBADA POR LOS MIEMBROS DEL JURADO EXAMINADOR INDICADO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL ESPECIALISTA EN NUTRICION DE RUMIANTES.



**PRESIDENTE**

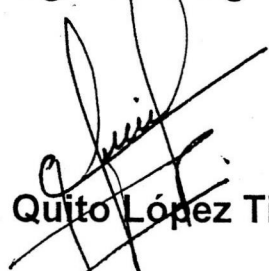
**M Sc. José Solís Ramírez**

**ASESOR**



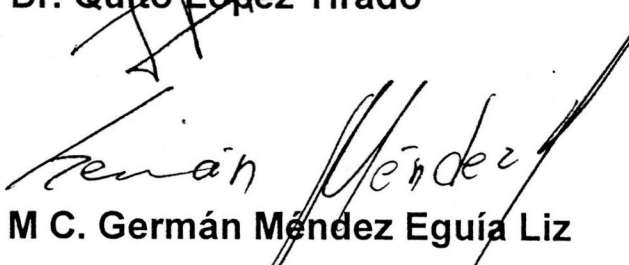
**Dr. Ognian Vanguelov Bohorov**

**ASESOR**



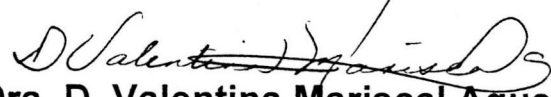
**Dr. Quito López Tirado**

**REPRESENTANTE DE LA CDEP**



**M C. Germán Méndez Eguía Liz**

**REPRESENTANTE DE LA CGEP**



**Dra. D. Valentina Mariscal Aguayo**

## **RECONOCIMIENTOS**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante la realización de los estudios de maestría.**

**A la Universidad Autónoma Chapingo que a través del Centro Regional Universitario del Noroeste me dio la oportunidad de realizar los estudios de maestría e incrementar el nivel académico.**

**Al Banco de Crédito Rural (BANRURAL) que a través del “Fideicomiso Ganadero” puso a disposición los animales necesarios que hizo posible la evaluación de los jueces en la aplicación de la escala de condición corporal.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Dr. Salvador Fernández Rivera por la orientación académica otorgada durante el desarrollo inicial de la investigación de tesis.**

**Al M Sc. José Solís Ramírez, director de la tesis, por la dedicación otorgada en la fase experimental y redacción del documento final.**

**Al Dr. Ognian Vanguelov Bohorov por la valiosa asesoría para mejorar el contenido y redacción del documento de tesis, por el apoyo profesional y amistad concedida.**

**Al Dr. Quito López Tirado por los valiosos aportes y sugerencias en lo más destacado del trabajo experimental.**

**Al Dr. Rolando Herrera y Saldaña por el apoyo otorgado para mejorar el diseño experimental.**

**A los CC. Dra. Valentina Mariscal Aguayo y M C. Germán Méndez Eguía Liz por el tiempo y dedicación otorgados a la revisión del documento de tesis.**

**A los CC. M C. Carlos Apodaca Sarabia e Ing. Melitón Córdoba Alvarez por el apoyo invaluable en el análisis estadístico e interpretación de resultados.**

**A mis compañeros de estudio: Carlos Sánchez del Real, Hermilo Suárez Domínguez, Ignacio Domínguez Vara y José Manuel Ruiz Rodríguez por los momentos agradables compartidos y por la participación como jueces para evaluar la condición corporal de las vacas en la fase experimental.**

**A los CC. Herminia Girón Pablo, Julián Hernández Cruz y José Manuel Cardoso Esparza por el trabajo realizado en la obtención y procesamiento de los datos durante la fase experimental.**

**A la Sra. María Elena Morales Rodríguez por el trabajo excelente en la captura y edición final de la tesis.**



## **DEDICATORIA**

**Dedico esta tesis a mi familia:**

**A Josefina, mi esposa, que con amor me ha dado su apoyo y comprensión en todo momento, especialmente necesarios durante la realización de los estudios de maestría.**

**A mis hijos: Mariana, Everardo, Alejandro y José Luis porque, junto con mi esposa, son lo mejor que tengo.**

**A mis padres: Luis Lara Lara y Mariana Bueno Cano de quienes conservo el espíritu de superación constante.**

**A mis hermanos: Sergio, Beatríz, María Luisa, Blanca, Jacinto, Miguel Angel y Marcelo por su gran apoyo moral que me impulsa a tratar de ser mejor cada día.**

## CONTENIDO TEMATICO

|                                                                  |                          |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>INDICE GENERAL</b>                                            | <b>Pág.</b><br><b>ii</b> |
| <b>INDICE DE CUADROS</b>                                         | <b>vi</b>                |
| <b>RESUMEN</b>                                                   | <b>ix</b>                |
| <b>I. INTRODUCCION</b>                                           | <b>1</b>                 |
| <b>II. REVISION DE LITERATURA</b>                                | <b>4</b>                 |
| <b>2.1.- Reservas corporales y productividad del ganado</b>      | <b>4</b>                 |
| 2.1.1. Mediciones físicas y composición corporal de los animales | 5                        |
| 2.1.2. Estimación subjetiva de la composición corporal           | 7                        |
| 2.1.3. Sistemas para medir la condición corporal                 | 7                        |
| 2.1.3.1. Técnicas para evaluar la condición corporal             | 10                       |
| 2.1.3.2. Evaluación de una escala de condición corporal          | 13                       |
| 2.1.4. Peso vivo y condición corporal                            | 17                       |
| <b>2.2. Producción de leche y comportamiento de los terneros</b> | <b>23</b>                |
| 2.2.1. Producción de leche                                       | 23                       |
| 2.2.2. Comportamiento de los terneros                            | 26                       |
| <b>2.3. Nutrición y reproducción</b>                             | <b>30</b>                |
| 2.3.1. Componentes de la eficiencia reproductiva en rumiantes    | 31                       |
| 2.3.1.1. Factores que afectan la fertilidad de la vaca           | 31                       |
| 2.3.1.2. Factores que afectan al anestro postparto               | 33                       |
| 2.3.2. Consumo y partición de nutrientes                         | 40                       |
| 2.3.2.1. Consumo de energía preparto                             | 41                       |
| 2.3.2.2. Consumo de energía postparto                            | 45                       |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.3.3. Condición corporal y reproducción</b>                                  | <b>47</b> |
| 2.3.3.1. Efecto de la condición corporal sobre el anestro postparto              | 48        |
| 2.3.3.2. Rango óptimo de condición corporal                                      | 51        |
| <b>2.3.4. Regulación neuroendócrina</b>                                          | <b>53</b> |
| 2.3.4.1. Función del hipotálamo y la hipófisis                                   | 53        |
| 2.3.4.2. Mecanismos neuroendócrinos y régimen nutricional                        | 55        |
| 2.3.4.3. Función del ovario y los estrógenos                                     | 58        |
| 2.3.4.4. Función de los neuropéptidos                                            | 62        |
| 2.3.4.5. Función de los metabolitos en sangre                                    | 63        |
| 2.3.4.6. Función de insulina                                                     | 64        |
| <b>III. MATERIALES Y METODOS</b>                                                 | <b>66</b> |
| <b>3.1. Aplicación de una escala de condición corporal</b>                       | <b>66</b> |
| 3.1.1. Origen de la información                                                  | 69        |
| 3.1.2. Procedimiento de evaluación                                               | 69        |
| 3.1.3. Información disponible                                                    | 70        |
| <b>3.2. Nutrición preparto y condición corporal al parto en vacas para carne</b> | <b>70</b> |
| 3.2.1. Procedimiento de evaluación                                               | 70        |
| 3.2.2. Manejo de los animales                                                    | 76        |
| 3.2.2.1. Epoca de empadre y manejo postdestete previo a la fase experimental     | 79        |
| 3.2.2.2. Ultima fase de la gestación                                             | 79        |
| 3.2.2.3. Periodo postparto                                                       | 80        |
| 3.2.3. Información disponible                                                    | 81        |
| 3.2.3.1. Peso vivo                                                               | 81        |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.3.2. Condición corporal                                                           | 81  |
| 3.2.3.3. Producción de leche                                                          | 82  |
| 3.2.3.4. Ganancia de peso predestete de los terneros                                  | 83  |
| 3.2.3.5. Intervalo de anestro postparto                                               | 84  |
| 3.3. Análisis estadístico                                                             | 84  |
| 3.3.1. Aplicación de la escala de condición corporal                                  | 85  |
| 3.3.2. Desarrollo experimental                                                        | 88  |
| 3.3.2.1. Cambio de peso vivo y condición corporal antes del parto                     | 88  |
| 3.3.2.2. Producción de leche de la vaca y ganancia de peso predestete de los terneros | 90  |
| 3.3.2.3. Periodo de anestro postparto                                                 | 91  |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION                                                            | 93  |
| 4.1. Aplicación de la escala de condición corporal por apreciación visual             | 93  |
| 4.1.1. Efecto del genotipo de la vaca                                                 | 93  |
| 4.1.2. Efecto del juez que evaluó la vaca                                             | 97  |
| 4.1.3. Efecto de la interacción animal*juez                                           | 99  |
| 4.1.4. Indices de repetibilidad y reproducibilidad de la escala                       | 100 |
| 4.2. Peso vivo y condición corporal preparto                                          | 103 |
| 4.2.1. Efecto del nivel de energía en la dieta                                        | 103 |
| 4.2.2. Efecto del genotipo de la vaca                                                 | 110 |
| 4.2.3. Efecto del número de parto de la vaca                                          | 112 |
| 4.2.4. Efecto del sexo del feto                                                       | 113 |
| 4.3. Cambios de peso vivo y condición corporal                                        | 113 |
| 4.3.1. Efecto del nivel de energía en la dieta                                        | 113 |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.2. Efecto del genotipo de la vaca                      | 118 |
| 4.4. Consumo de alimento postparto                         | 121 |
| 4.5. Producción diaria de leche                            | 125 |
| 4.5.1. Efecto del año de lactancia                         | 128 |
| 4.5.2. Efecto del nivel de energía en la dieta             | 128 |
| 4.5.3. Efecto de la condición corporal de la vaca al parto | 130 |
| 4.5.4. Efecto del genotipo de la vaca                      | 132 |
| 4.5.5. Efecto del sexo de la cría                          | 133 |
| 4.5.6. Efecto del número de parto                          | 133 |
| 4.6. Crecimiento de los becerros del nacimiento al destete | 134 |
| 4.6.1. Peso al nacer                                       | 134 |
| 4.6.1.1. Efecto del año de nacimiento del ternero          | 134 |
| 4.6.1.2. Efecto del nivel de energía en la dieta           | 137 |
| 4.6.1.3. Efecto de la condición corporal al parto          | 138 |
| 4.6.1.4. Efecto del genotipo de la vaca                    | 139 |
| 4.6.1.5. Efecto del sexo de la cría                        | 141 |
| 4.6.1.6. Efecto del número de parto                        | 142 |
| 4.6.2. Ganancia de peso predestete                         | 142 |
| 4.6.2.1. Efecto del año de nacimiento del becerro          | 143 |
| 4.6.2.2. Efecto del nivel de energía en la dieta preparto  | 143 |
| 4.6.2.3. Efecto de la condición corporal al parto          | 145 |
| 4.6.2.4. Efecto del genotipo de la vaca                    | 146 |
| 4.6.2.5. Efecto del sexo de la cría                        | 147 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| 4.6.2.6. Efecto del número de parto                       | 148 |
| 4.6.3. Peso al destete                                    | 148 |
| 4.6.3.1. Efecto del año de nacimiento del ternero         | 149 |
| 4.6.3.2. Efecto del nivel de energía en la dieta preparto | 149 |
| 4.6.3.3. Efecto de la condición corporal al parto         | 150 |
| 4.6.3.4. Efecto del genotipo de la vaca                   | 151 |
| 4.6.3.5. Efecto del sexo de la cría                       | 152 |
| 4.6.3.6. Efecto del número de parto                       | 152 |
| 4.7. Periodo de anestro postparto                         | 154 |
| 4.7.1. Efecto del año de parto de la vaca                 | 155 |
| 4.7.2. Efecto del nivel de energía en la dieta            | 155 |
| 4.7.3. Efecto de la condición corporal al parto           | 160 |
| 4.7.4. Efecto del genotipo de la vaca                     | 161 |
| 4.7.5. Efecto del sexo de la cría                         | 162 |
| 4.7.6. Efecto del número de parto                         | 163 |
| V. DISCUSION GENERAL                                      | 165 |
| VI. CONCLUSIONES                                          | 167 |
| VII. LITERATURA CITADA                                    | 168 |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro                                                                                                                                                                                                                                           | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 Coeficientes de correlación de condición corporal, peso vivo y el cociente peso:altura con algunos estimadores de la composición de la canal.                                                                                                  | 19   |
| 2 Ecuaciones de predicción de la energía total (EMC), energía por kg (EPU), grasa total (GT) y porcentaje de grasa (PGC) como variables de la canal, en función de la condición corporal (CC), el peso vivo (PV) y el cociente peso:altura (PA). | 22   |
| 3 Niveles de energía en las dietas preparto ofrecidas en investigaciones previas.                                                                                                                                                                | 43   |
| 4 Descripción simplificada de las categorías del sistema estandarizado para evaluar la condición corporal en ganado bovino productor de carne.                                                                                                   | 67   |
| 5 Distribución de las vacas Angus (A), Suizo Pardo (P) y cruzas recíprocas (CR), por condición corporal inicial (CCI), en los tratamientos (nivel de energía en la dieta preparto).                                                              | 72   |
| 6 Composición de las dietas ofrecidas durante el último tercio de la gestación.                                                                                                                                                                  | 74   |
| 7 Cantidad de nutrientes ofrecidos en las dietas experimentales durante el último tercio de la gestación.                                                                                                                                        | 75   |
| 8 Composición de la dieta ofrecida después del parto.                                                                                                                                                                                            | 77   |
| 9 Composición de la dieta ofrecida después del parto durante 1992.                                                                                                                                                                               | 78   |
| 10 Medias de mínimos cuadrados de condición corporal (CC) para raza de la vacas y juez, con base en una escala de 9 puntos.                                                                                                                      | 94   |
| 11 Componentes de varianza de vaca ( $\sigma^2_v$ ), juez ( $\sigma^2_j$ ), interacción animal*juez ( $\sigma^2_{r(j)}$ ) y error ( $\sigma^2_e$ ) e índices de repetibilidad ( $r_1$ ) y reproducibilidad ( $r_2$ ) por raza de la vaca.        | 101  |
| 12 Nivel de significancia de los efectos principales sobre las variables relacionadas con el peso vivo y la condición corporal en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas.                                                              | 104  |

- 13 Medias de mínimos cuadrados de las variables parto y al parto por tratamiento, genotipo de la vaca y sexo del feto en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas. 105
- 14 Ecuaciones de predicción del peso vivo (PV) a partir de la condición corporal (CC) en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas, consumiendo diferentes niveles de energía en la dieta en el último tercio de la gestación. 114
- 15 Ecuaciones de predicción del peso vivo (PV) a partir de la condición corporal (CC) en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas, consumiendo diferentes niveles de energía en la dieta durante el último tercio de la gestación. 119
- 16 Consumo diario de materia seca (MS) de las vacas después del parto en función del nivel de energía ofrecida en la dieta durante el último tercio de la gestación. 122
- 17 Consumo de materia seca por unidad de peso metabólico a los 30, 60 y 90 días postparto con base en el consumo diario promedio del grupo de vacas en cada tratamiento. 124
- 18 Niveles de significancia de los efectos principales para producción diaria de leche, acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas. 126
- 19 Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar para la producción diaria de leche, acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo, y sus cruzas recíprocas. 127
- 20 Niveles de significancia de los efectos principales para las características del nacimiento al destete de becerros cruzados de Simmental x Angus (S x A), Simmental x Suizo Pardo (S x P) y S x (A x P ó P x A). 135
- 21 Medias de mínimos cuadrados de las variables relacionadas con el crecimiento del nacimiento al destete en becerros cruzados de Simmental x Angus (S x A), Simmental x Suizo Pardo (S x P) y S x (A x P ó P x A). 136
- 22 Medias de mínimos cuadrados de las variables relacionadas con el crecimiento del nacimiento al destete en becerros cruzados de Simmental x Angus (S x A), Simmental x Suizo Pardo (S x P) y S x (A x P ó P x A). 140



- 23 Niveles de significancia de los efectos principales sobre el periodo de anestro postparto (IPP). 156**
- 24 Medias de mínimos cuadrados para el periodo de anestro postparto (IPP) de los efectos principales. 157**

## NUTRICION PREPARTO Y CONDICION CORPORAL AL PARTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO POSTPARTO EN VACAS PRODUCTORAS DE CARNE Y SUS CRIAS

Lara, B. A.

### Resumen

Con el propósito de analizar algunos factores que determinan la condición corporal, estimar el grado de concordancia dentro y entre jueces en la aplicación de una escala de condición corporal por apreciación visual y, determinar la influencia del nivel de energía en la dieta preparto (EPP) y de la condición corporal al parto (CCP) sobre el peso al nacer (PN) y la ganancia de peso predestete de los terneros, así como la producción de leche (PL) y el intervalo de anestro postparto (IPP) de las vacas, dos estudios fueron realizados. En el primero, fueron analizados datos de condición corporal de 562 vacas ( 206 Brahman, 207 Indobrasil y 149 Suizo Pardo). En el segundo estudio, 82 vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza recíprocas (48 en 1991 y 34 en 1992) cruzadas con sementales Simmental, fueron distribuidas en cuatro tratamientos durante los últimos 102 días de gestación, con base en su condición corporal inicial (CCI) y el genotipo; el tratamiento 1 fue conformado con vacas de  $CCI \geq 4$  ( $n = 18$ ) a las cuales se les ofreció una dieta con el 100% de la energía requerida (MM100), el tratamiento 2 con vacas de  $CCI \geq 4$  ( $n = 21$ ) que fueron alimentadas con una dieta conteniendo el 60% de la energía requerida (MF60), el tratamiento 3 con vacas de  $CCI < 4$  ( $n = 22$ ) a las cuales se les asignó una dieta con 140% de la energía requerida (FM140), y el tratamiento 4 conformado con vacas de  $CCI < 4$  ( $n = 21$ ) a las cuales se les ofreció una dieta conteniendo energía solo para mantenimiento (FF100). Después del parto, todas las vacas fueron alimentadas *ad libitum* con una dieta para la lactancia. El análisis para estimar la repetibilidad ( $r_1$ ) y reproducibilidad ( $r_2$ ) de la escala con los datos de los jueces en la determinación de la condición corporal consideró los

efectos de la vaca, juez, la interacción vaca\*juez y la repetición dentro de juez. Los valores de  $r_1$  fueron .89, .86 y .87 para Brahman, Indobrasil y Suizo Pardo, respectivamente, y de  $r_2$  fueron .84, .75 y .86, para las mismas razas, respectivamente, lo cual supone un alto grado de concordancia dentro y entre jueces en la aplicación de la escala. El modelo estadístico del segundo estudio, consideró los efectos de la EPP o CCP, el genotipo de la vaca, el año de parto, el sexo del ternero y el número de parto de la vaca. Las vacas MM100 produjeron más leche ( $P<.01$ ) y sus terneros tuvieron ganancias de peso más altas ( $P<.01$ ) que las vacas FF100, mientras que las vacas MF60 y FM140 mostraron promedios de producción de leche y ganancia de peso en sus terneros, intermedios a los de las vacas MM100 y FF100; asimismo, las vacas MM100 parieron terneros más pesados (39 vs 33 kg;  $P<.05$ ), y exhibieron IPP más cortos (55 vs 78 d;  $P<.10$ ) a los de las vacas FF100. Las vacas que perdieron peso vivo y condición corporal preparto (MF60) tuvieron terneros 4.2 kg más livianos ( $P<.05$ ) e IPP 18 días más largos ( $P<.01$ ) que las vacas MM100, mientras que las vacas que ganaron peso vivo y condición corporal antes del parto (FM140) tuvieron terneros 2.2 kg más pesados ( $P<.10$ ) e IPP 14 días más cortos ( $P<.05$ ) en comparación con las vacas FF100. Por esto, se concluye que el nivel de nutrición preparto y la condición corporal al parto afectan significativamente el peso al nacer y la ganancia de peso predeste de los terneros, la producción de leche y el intervalo de anestro postparto de las vacas.

**Palabras Clave:** *Nutrición preparto, Condición corporal, Peso al nacer, Ganancia de peso predeste, Anestro postparto, Ganado para carne.*

## EFFECTS OF PREPARTUM NUTRITION AND BODY CONDITION AT CALVING ON POSTPARTUM PERFORMANCE IN BEEF COWS AND THEIR CALVES

Lara, B. A.

### Summary

Two studies were conducted to analyse the influence of some factors that determine the body condition of cows, as well as, to estimate the degree of agreement within and between assessors of visual evaluation on the animal and, furthermore, to determine the influence of dietary energy level and the influence of body condition upon calving on the calf weight and preweaning calf weight gain, milk production and postpartum interval at first estrus in the cow. In the first study, data from 562 cows (206 Brahman, 207 Indobrasil and 149 Brown Swiss) were analyzed for the correct application of the body condition score. In the second study, which lasted for an interval of about two years, 82 Angus, Brown Swiss and their reciprocal cross cows (48 cows during first year and 34 in the second year) were mated with Simmental sires and grouped by initial body condition and genotype in four treatments, approximately 102 days prior to calving. Treatment 1 (MM100) involved moderately fat cows (initial body condition  $\geq 4$ ;  $n = 18$ ) fed with 100% of the required prepartum energy to maintain or increase the body weight and body condition during the last third of pregnancy; in treatment 2 (MF60) moderately fat cows (initial body condition  $\geq 4$ ;  $n = 21$ ) were allotted receiving 60% of the recommended energy in late pregnancy; treatment 3 (FM140) was made up of thin cows (initial body condition  $< 4$ ;  $n = 22$ ) fed with 140% of the required energy to increase weight and body condition before calving; and, in treatment 4 (FF100) there were thin cows (initial body condition  $< 4$ ;  $n = 21$ ) which received a diet with energy for maintenance, only to maintain poor body condition prior calving. After calving all the cows were fed with dietary energy *ad libitum* during lactation. The statistical model used to estimate

repeatability ( $r_1$ ) and reproducibility ( $r_2$ ) of scores included random effects of cow, assessor, cow\*assessor interaction and fixed as a factor, the repetition within assessor. The values for  $r_1$  were .89, .86 and .87 while those for  $r_2$  were .84, .75 and .86 for Brahman, Indobrasil and Brown Swiss, respectively. These results are indicative of a high degree of agreement within and between assessors to assess each group of animals. The statistical model to analyze results of the second study included effects of prepartum dietary energy level, body condition at calving, cow genotype, calf sex and number of partum. It was found that the MM100 cows produced the most milk and their calves had greater preweaning weight gain than that of FF100 cows, while MF60 and FM140 cows showed an intermediate milk production value ( $P<.01$ ) and preweaning weight gain ( $P<.01$ ). The calves born from MM100 cows were heavier at birth (39 vs 33 kg;  $P<.05$ ) and these cows exhibited a shorter postpartum interval (55 vs 78 days;  $P<.10$ ) than FF100 cows. The MF60 cows, losing weight and body condition in the late pregnancy, had a postpartum interval of 18 days longer ( $P<.01$ ) and calves 4.23 kg lighter ( $P<.05$ ) at birth than the MM100 cows. Furthermore, FM140 cows which increased weight and body condition before calving, had a postpartum interval of on average of 14 days shorter ( $P<.05$ ) and calves 2.2 kg heavier ( $P>.10$ ) than the FF100 cows. It was concluded that dietary energy intake level during the last three months of pregnancy and body condition at calving significantly influenced calf birth weight, preweaning calf weight gain, milk production and postpartum anestrus of the cows.

**Key Words:** *Dietary energy levels, Corporal reserves, Birth weight, Calf performance, Postpartum anestrus, Beef cows.*

## I. INTRODUCCION

En varias especies de interés doméstico la productividad total puede reducirse si la nutrición es marginal; en ese sentido, es conocido que la nutrición, y particularmente el nivel de consumo de energía en la dieta, tiene marcados efectos sobre el comportamiento productivo (Bond y Wiltbank, 1970; Frood y Croxton, 1978; Garnsworthy, 1988) y reproductivo de la vaca después del parto (Wiltbank *et al.*, 1964; Lamond, 1970; Dunn y Kaltenbach, 1980; Randel, 1990; Dunn y Moss, 1992).

Así, se tiene que la nutrición preparto y la condición corporal al parto pueden alterar el consumo de alimento postparto (Heresign, 1984; Garnsworthy, 1988), la producción de leche en la subsecuente lactancia (Broster, 1971; Duker y Morant, 1984; Reyes, 1992; Girón y Hernández, 1995), la ganancia diaria de peso predestete y el peso al destete de los terneros (Bellows y Short, 1978; Johnson y Obst, 1984; Boyd *et al.*, 1987; Houghton *et al.*, 1990c), así como, afectar el tiempo de retorno del primer estro postparto y modificar la tasa de preñez (Wiltbank *et al.*, 1964; Bellows y Short, 1978; Sasser *et al.*, 1989).

A partir de algunos estudios realizados con vacas productoras de carne, se ha determinado que la nutrición previa al parto tiene mayor influencia sobre el reinicio de la actividad ovárica que la nutrición después del parto (Wiltbank *et al.*, 1962; Dunn *et al.*, 1969; Wright *et al.*, 1987; Selk *et al.*, 1988), pero que el nivel de alimentación posterior al parto es también importante y afecta los intervalos reproductivos de la vaca (Wiltbank *et al.*, 1964; Bellows y Short, 1982; Houghton *et al.* 1990c). Sin embargo, se ha encontrado que las vacas que llegan al parto con buena condición corporal tienen periodos de anestro más cortos, independientemente del nivel de nutrición postparto (Richards *et al.*, 1986; Wright *et al.*, 1987; Selk *et al.*, 1988; Osoro y Wright, 1992).

Aunque no existe el suficiente conocimiento sobre los mecanismos fisiológicos por los cuales la nutrición afecta a la función reproductiva (Richards *et al.*, 1989a; Rasby *et al.*, 1991), las investigaciones previas se han conducido con base en dos supuestos: algunos investigadores (Staigmiller *et al.*, 1979; Imakawa *et al.*, 1983; Rasby *et al.*, 1991) han supuesto efectos directos del balance nutricional sobre las estructuras del ovario; mientras que otros (Whisnant *et al.*, 1985; Wright *et al.*, 1987; Williams, 1990) suponen efectos indirectos de la nutrición a través del control en la liberación de gonadotropinas en el hipotálamo y/o la hipófisis. Actualmente, los resultados obtenidos parecen indicar que los mecanismos neuroendócrinos, mediados a nivel del circuito hipotálamo-hipófisis-gonadal, participan en la regulación de la secreción hormonal y que la influencia del régimen nutricional se da a nivel del hipotálamo y la hipófisis a partir de los metabolitos precursores de las hormonas que participan en el ciclo estral.

Debido a que la condición corporal es un reflejo del estado nutricional y de la cantidad de reservas corporales almacenadas en el cuerpo del animal vivo, el uso de un sistema estandarizado para evaluar la condición corporal puede ser útil para detectar cambios de peso vivo y reservas básicas de energía para activar la función reproductiva e incrementar la eficiencia de producción de las vacas. Sin embargo, porque la condición corporal se basa en estimaciones subjetivas de la cantidad de grasa corporal presente en el animal vivo, es conveniente que el método de estimación de la condición corporal esté apoyado en un análisis de la efectividad de los evaluadores (jueces), para juzgar la condición corporal. Este análisis puede estar basado en la obtención de indicadores que permitan juzgar la efectividad de los jueces en la apropiación y aplicación de los criterios propuestos por un sistema que sea útil para estimar la condición corporal (Evans, 1978; Edmonson *et al.*, 1989).



Tomando como fundamento lo anteriormente señalado, los objetivos del presente trabajo son:

A. Considerando la etapa de validación de una escala de condición corporal para ganado productor de carne:

1. Analizar algunos factores que determinan la condición corporal en vacas productoras de carne.
2. Estimar el grado de concordancia dentro y entre jueces en el uso de una escala para juzgar la condición corporal de las vacas por el método de apreciación visual.

B. Considerando la aplicación de la escala y el nivel nutricional en ganado Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas:

1. Analizar los efectos del nivel de nutrición preparto sobre los cambios en el peso vivo y en la condición corporal durante el último tercio de la gestación.
2. Analizar los efectos del nivel de nutrición preparto y de la condición corporal al parto sobre la producción de leche de la vaca, el comportamiento de sus terneros y el periodo de anestro postparto.



## II. REVISION DE LITERATURA

La nutrición es uno de los factores ambientales de mayor importancia sobre el comportamiento productivo y la reproducción del ganado productor de carne. Las vacas subalimentadas antes y/o después del parto pueden ser afectadas en su producción de leche lo cual puede limitar el crecimiento de sus terneros, y mostrar incrementos en los intervalos reproductivos por causa de restricciones en la disponibilidad de los nutrientes requeridos. Por ello, en esta revisión se hará un intento por analizar la relación entre la nutrición y la condición corporal al parto y sus efectos sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas productoras de carne.

### 2.1. Reservas corporales y productividad del ganado

Las condiciones nutricionales de un animal se reflejan en la cantidad de grasa subcutánea almacenada y en la cantidad de masa muscular (Herd y Sprott, 1986; Short *et al.*, 1990). Para mantener un balance adecuado de energía en el cuerpo, los animales utilizan la energía contenida en el alimento consumido y la energía almacenada en las reservas corporales en forma alterna (Short y Adams, 1988). La energía metabolizable procedente de ambas fuentes es utilizada por el animal para desarrollar sus funciones vitales de mantenimiento, producción y reproducción y el exceso de nutrientes podrá ser almacenado en los tejidos corporales para ser utilizados posteriormente en los periodos críticos de escasez de alimento (Garnsworthy, 1988) y/o de estrés por frío (Wagner *et al.*, 1988b). Cuando ocurren periodos prolongados de restricción de alimento y de condiciones climáticas adversas, el animal pierde peso y disminuye la cantidad de reservas de energía almacenada en su cuerpo, lo cual afecta su comportamiento productivo y reproductivo posteriores.

Varios estudios han sido conducidos con el propósito de encontrar la manera de medir la cantidad de energía metabolizable almacenada en el cuerpo del animal, tanto en forma de grasa como de músculo, para estimar el grado de reservas corporales e inferir la magnitud de la energía metabolizable presente en el animal (Russel y Wright, 1983; Thompson *et al.*, 1983; Fox y Black, 1984; Wright y Russel, 1984a; Gresham *et al.*, 1986; Fox *et al.*, 1988; Wagner *et al.*, 1988a; Houghton *et al.*, 1990a; Fox *et al.*, 1992; Ortigues *et al.*, 1993). Debido a la imposibilidad práctica para efectuar mediciones directas que permitan tener una estimación de la composición corporal del animal, varios métodos de estimación indirecta han sido propuestos (Nelsen *et al.*, 1985; Northcutt *et al.*, 1992).

#### 2.1.1. Mediciones físicas y composición corporal de los animales

El peso vivo (PV) ha sido el principal factor utilizado para estimar los requerimientos nutricionales de los animales (NRC, 1984). Asimismo, los cambios de peso vivo registrados durante determinados periodos, han sido utilizados para inferir los antecedentes nutricionales del ganado (Ferrell *et al.*, 1986), estimar la magnitud de las reservas corporales (Houghton *et al.*, 1990b) y realizar ajustes en la alimentación durante el invierno y/o la sequía (Wagner *et al.*, 1988b). El peso vivo ajustado por el tamaño corporal, el cual es denominado peso metabólico ( $PV^{.75}$ ), es hasta hoy el criterio principal utilizado para determinar los requerimientos de energía de los rumiantes. Así, la energía neta para mantenimiento (ENm, Mcal/día), en condiciones de confort ambiental y mínima actividad, es estimada por la ecuación  $0.077 PV^{.75}$  (NRC 1984). Sin embargo, Klosterman *et al.* (1968) y Lemenager *et al.* (1980) sugieren que el peso vivo por sí mismo no proporciona una predicción exacta de las necesidades de energía de los bovinos, porque, un aumento en el peso vivo debido a la deposición de grasa, no necesariamente resulta en un incremento en los requerimientos para mantenimiento, como lo hace un aumento de peso por adición de tejido muscular. Por otro lado, la influencia ambiental sobre los requerimientos para mantenimiento puede variar en

función de la cantidad de reservas corporales que tenga el animal (Wagner *et al.*, 1988b). Así, las vacas gordas tienen menor requerimiento de energía que las vacas flacas (Thompson *et al.*, 1983) y que las vacas de condición corporal moderada (Wagner *et al.*, 1988a). Es decir, los antecedentes nutricionales de los animales, repercuten disminuyendo o incrementando sus requerimientos energéticos.

Otros factores que contribuyen a reducir la precisión en la estimación del peso vivo, considerado éste como el mejor predictor de las reservas corporales, son el llenado del tracto digestivo, el llenado de la vejiga, la hidratación de los tejidos corporales, el peso de los tejidos y los fluidos de la gestación y el parto (Herd y Sprott, 1986; Nicholson y Butterworth, 1986). Esos factores pueden producir grandes variaciones en el peso vivo, sin que con ello ocurran alteraciones importantes en la cantidad de proteína y grasa almacenada en el cuerpo, por lo que no hay una relación precisa entre el peso vivo y el nivel de reservas corporales presentes en el animal.

En busca de mayor precisión en las estimaciones del contenido de reservas corporales, algunos investigadores han utilizado el peso vivo asociado con mediciones de la altura y longitud del cuerpo, con el propósito de corregir los efectos de la complexión corporal (Kress *et al.*, 1969; Thompson *et al.*, 1983; Nelsen *et al.*, 1985). Se ha encontrado que, el cociente del peso vivo sobre la altura a la cruz (cociente peso:altura) incrementa la precisión en la estimación de la grasa corporal presente en el animal (Wagner *et al.*, 1988a). Asimismo, las mediciones físicas (peso vivo, altura a la cruz o a la cadera, diámetro o perímetro torácico y longitud del animal) tienen correlaciones entre sí altas y positivas, del orden de .60 a .98 (Klosterman *et al.*, 1968; Nelsen *et al.*, 1985; Wagner *et al.*, 1988a; Houghton *et al.*, 1990).

### 2.1.2. Estimación subjetiva de la composición corporal

Por las desventajas que representa el considerar al peso vivo (y a otras medidas físicas) como predictores eficaces del contenido de energía metabolizable almacenada en el cuerpo del animal vivo, varios investigadores han utilizado sistemas para evaluar subjetivamente la composición corporal y los requerimientos de energía en el ganado, aplicando el concepto de condición corporal (Russel *et al.*, 1971; Wright y Russel, 1984a,b; Fox *et al.*, 1988; Houghton *et al.*, 1990b; Ortigues *et al.*, 1993). Debido a que no resulta práctico medir directamente la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo del animal vivo, la aplicación de un sistema de condición corporal permite la estimación indirecta del porcentaje de grasa corporal, con lo cual es posible inferir el estado nutricional pasado y presente del animal y predecir sus requerimientos futuros (Nelsen *et al.*, 1985).

El concepto de condición corporal fue primeramente definido en 1919 por Murray (citado por Wright y Russell, 1984b) como “la relación entre la cantidad de grasa y materia no grasa en el cuerpo de un animal vivo”; aunque para otros la condición corporal “es una medida subjetiva de la proporción de grasa presente en el cuerpo del animal en relación con su tamaño” (Herd y Sprott, 1986), si bien la condición corporal estima la proporción de grasa total a partir de evaluaciones sobre el tejido adiposo subcutáneo. Por ello, el uso de una escala de condición corporal ha resultado ser la alternativa más práctica para estimar las reservas de energía presentes en el cuerpo del animal vivo (Wright y Russel, 1984b; Wagner *et al.*, 1988a; Ortigues *et al.*, 1993).

### 2.1.3. Sistemas para medir la condición corporal

Con el propósito de generar un sistema estandarizado para la descripción de la condición corporal, Jefferies (1961) propuso en Australia una metodología para evaluar la condición corporal en ovejas, basado en

una escala de seis puntos. Cada punto fue tipificado en función de la cantidad de tejido adiposo sobre la región lumbar del espinazo, es decir, la cantidad de grasa presente en el área lumbar del lomo de las borregas. A partir de modificaciones al sistema de Jefferies (1961), Russel *et al.* (1969) propusieron una escala para evaluar la condición corporal en ovinos y encontraron que la cuantificación de la condición corporal tuvo una relación estrecha con la proporción de grasa presente en el cuerpo de las ovejas. El sistema de evaluación de la condición corporal para ovinos propuesto por Russel *et al.* (1969) fue adaptado por Lowman *et al.* (1976) en Inglaterra, para ser utilizado en bovinos. Lowman *et al.* (1976) elaboraron un manual en el cual se describe el procedimiento para la asignación de la condición corporal de vacas con su becerro al pie, ganado de carne en crecimiento y becerros amamantados de razas europeas, todos ellos manejados en condiciones de clima templado. En la escala de Lowman *et al.* (1976) se definen seis puntos (0 a 5; donde, 0 es un animal emaciado y 5 es un animal obeso) y cada punto se describe en términos de la cantidad de tejido graso presente sobre: a) las apófisis transversas de las vértebras lumbares y b) el área adyacente de la base de la cola. Este método permite estimar la cantidad de grasa subcutánea de manera fácil y rápida, con solo sentir al tacto la grasa almacenada en las áreas descritas, con el inconveniente de tener que palpar una a una a todas las vacas. Mulvany (1977) modificó el sistema de Lowman *et al.* (1976) para ser utilizado en vacas productoras de leche e introdujo factores de ajuste para las evaluaciones, considerando que existe mayor remoción de grasa en la base de la cola que en el área del lomo. Con base en esos estudios, Mulvany (1977) sugirió que el área de la base de la cola es mucho más eficaz para estimar la condición corporal que el área del lomo. Nuevamente, el principal inconveniente es lo laborioso de este proceso, por lo que resulta mas práctico efectuar las evaluaciones por la técnica de apreciación visual.



En la Estación Experimental de Ellinbank en Victoria, Australia, Earle *et al.* (1976) desarrollaron un sistema de condición corporal con una escala de ocho puntos (1 a 8, donde 1 es un animal emaciado y 8 es un animal excesivamente gordo), para ser utilizado en ganado productor de leche. La escala de Ellinbank está basada en la palpación de la cubierta del lomo y periferia de la cola, así como la apreciación visual del área de las costillas, los huesos espinosos del lomo, el sacro y la cadera. En el método se establece un proceso de apropiación de los criterios de apreciación visual por los evaluadores a partir de estándares fotográficos. En los Estados Unidos de América, Cantrell *et al.* (1982) propusieron un sistema para evaluar la condición corporal denominado Body Condition Score (BCS) para vacas productoras de carne (Angus x Hereford) en una escala de nueve puntos, donde 1 corresponde a una vaca extremadamente emaciada y 9 a una vaca extremadamente gorda. El BCS estadounidense para ganado productor de carne, utiliza como criterio de evaluación una combinación del método de palpación del área del lomo y la apreciación visual. Asimismo, Wildman *et al.* (1982) en los Estados Unidos de América presentaron la descripción de una escala de cinco puntos (1 a 5) para medir la condición corporal en vacas lecheras. Esta escala presenta estándares fotográficos y se basa en la palpación y apreciación visual de las áreas del lomo y regiones del cuarto trasero del animal.

Basados de algún modo en los criterios, o combinación de criterios, propuestos en los sistemas de evaluación de condición corporal antes mencionados, otras escalas han sido propuestas. Por ejemplo, con adaptación del sistema de Lowman *et al.* (1976), Garnsworthy y Topps (1982) desarrollaron una escala de cuatro puntos (1 a 4). Asimismo, en Nueva Zelandia se utiliza un sistema estandarizado de 10 puntos (Grainger y McGowan, 1982); de igual modo, en Francia, Agabriel *et al.* (1986), citados por Ortigues *et al.* (1993), propusieron también una escala de 10 puntos; en tanto que en el International Livestock Centre for Africa, Nicholson y

Butterworth (1986) desarrollaron una escala de nueve puntos con una guía fotográfica adaptada a las características del ganado Cebú en países africanos.

El sistema de Lowman *et al.* (1976) es ampliamente utilizado en países de Europa (Frood y Croxton, 1978; Wright y Russel, 1984b; Wright *et al.*, 1987; Osoro y Wright, 1992), mientras que el BCS de Wildman *et al.* (1982) es más utilizado en América (Boisclair *et al.*, 1986; Jaquette *et al.*, 1988; Edmonson *et al.*, 1989; Houghton *et al.*, 1990abc); en tanto que en vacas productoras de carne, la utilización del BCS propuesto por Cantrell *et al.* (1982) tiende a generalizarse (Thompson *et al.*, 1983; Herd y Sp'rott, 1986; Wagner *et al.*, 1988a; Short *et al.*, 1990 y Fox *et al.*, 1992).

#### 2.1.3.1. Técnicas para evaluar la condición corporal

Aún cuando son diversos los criterios de evaluación para determinar la condición corporal en el ganado productor de carne, estos se pueden agrupar en tres técnicas: palpación, apreciación visual y ultrasonido.

a). Palpación. La evaluación de la condición corporal puede ser determinada utilizando el procedimiento de palpación de áreas corporales, como los huesos del espinazo (apófisis transversas y verticales), el área entre la décima y treceava costilla, la cubierta de grasa en el lomo, los huesos protuberantes de la pelvis y la cadera (tuberosidad del isquion e ilion), las vértebras sacro-coccigeas y el área localizada alrededor de la cola. Altas correlaciones se han encontrado entre las evaluaciones de las áreas antes descritas (Mulvany, 1977; Edmonson *et al.*, 1989).

b). Apreciación visual. Los sistemas de evaluación de condición corporal diseñados en Australia y Nueva Zelandia están basados fundamentalmente en técnicas de inspección visual. Estos sistemas utilizan imágenes fotográficas para estandarizar la condición corporal de un animal,

acompañando a cada fotografía de un texto breve en el cual se describen las áreas a evaluar. Las características más importantes a evaluar sobre el cuerpo del animal son: aparente presencia de la cubierta de grasa sobre el área adyacente de la base de la cola, el lomo y las apófisis transversas; el grado de visibilidad del trocánter mayor, los huesos planos de las costillas y la tuberosidad del ilion y el isquion; y la forma de la masa muscular entre las tuberosidades del ilion y el isquion (Herd y Sprott, 1986). Algunas áreas auxiliares para determinar con mayor exactitud la condición corporal, por el método de apreciación visual son, la presencia de grasa almacenada en el pecho y la giba, la profundidad de la fosa sublumbar, la profundidad de la depresión extravaginal y la estructura de la masa muscular lateral y posterior de la pierna (Nicholson y Butterworth, 1986).

Lo importante del método de apreciación visual es que el evaluador no otorga una calificación individual para cada área, por lo que la estimación de la condición corporal no está basado en la suma o evaluación promedio de todas y cada una de las áreas del cuerpo. Más bien, el operador tiene la opción de corregir una posible confusión en un área dada a partir de apreciaciones evidentes en otras áreas de evaluación por lo que el valor dado para una determinada condición corporal es el resultado de la apreciación en conjunto de las áreas corporales antes descritas.

Las ventajas de determinar la condición corporal por el método de apreciación visual, son que el animal no requiere ser sujetado por lo que tampoco se requiere de instalaciones y/o equipos especiales para realizar las operaciones de evaluación. Prácticamente, las evaluaciones pueden ser realizadas en el campo o en el corral, mediando una distancia entre el operador y el animal de aproximadamente cinco metros o menos. Además, el procedimiento es fácil y rápido y el resultado de las evaluaciones finales es relativamente inafectado por el tamaño corporal (Edmonson *et al.*, 1989).



c). Técnica de ultrasonido. La condición corporal también puede ser determinada midiendo la profundidad de la cubierta de grasa subcutánea así como el área o profundidad del *m. longissimus dorsii*, con la ayuda de un escanógrafo, utilizando los principios de refracción y resonancia del ultrasonido. El uso de la técnica del ultrasonido proporciona un medio para cuantificar el tejido graso y muscular en animales vivos. El principio básico del ultrasonido es medir la magnitud de un sonido que rebota entre los tejidos suaves. Las ondas sonoras producidas por un equipo de ultrasonido (escanógrafo) viajan a través del cuerpo y son reflejadas cuando a su paso encuentran tejidos de diferente densidad. La imagen rebotada del ultrasonido es traducida e interpretada por el escanógrafo a través de un escanograma en el cual es posible conocer la velocidad y frecuencia de las ondas sonoras reflejadas, y estimar la amplitud de las ondas sonoras que regresan. Con esa información es posible medir la profundidad o grosor de la cubierta de grasa presente en el tejido subcutáneo y estimar la proporción de grasa y/o músculo del animal vivo. Un aspecto importante de la técnica de ultrasonido es ubicar el lugar más conveniente para realizar la medición, debido a que generalmente, se ha considerado que la determinación de grasa corporal debe ser practicada en un punto ubicado entre la décima y treceava costilla, mientras que la determinación de la masa muscular y el marmoleo debe hacerse sobre el *m. longissimus dorsii* (Edwards *et al.*, 1989).

Algunas observaciones sobre el uso, bondades y limitaciones de la técnica de ultrasonido en las estimaciones de la composición corporal en rumiantes han sido descritas por Price *et al.* (1959), Kempster *et al.* (1982), Brethour (1990) y Houghton y Turlington (1992). Así, Houghton y Turlington (1992) presentaron datos sobre la exactitud de la técnica de ultrasonido aplicada en bovinos, ovinos y cerdos, y ellos encontraron un rango amplio de variación en las correlaciones (.60 a .96) entre los valores predichos por ultrasonido y la composición de grasa y/o músculo en la canal; asimismo,

Brethour (1990) reportó que las evaluaciones dadas por ultrasonido explicaron solo del 25 al 30 por ciento de la variación en el marmoleo de la canal. Al parecer los efectos de peso vivo, raza, edad, sexo, condición y conformación corporal afectan en diferentes magnitudes las valoraciones de composición corporal hechas con ultrasonido. Datos de un experimento en el cual se determinó la condición corporal de novillos en dos lotes por las técnicas del ultrasonido y por apreciación visual, fueron presentados por Houghton y Turlington (1992); los resultados mostraron que ninguno de los dos métodos, ultrasonido y apreciación visual fueron significativamente diferentes al método tradicional (testigo) para agrupar lotes de animales con similar espesor de grasa dorsal y rendimiento de la canal.

Las desventajas de utilizar el método de ultrasonido para estimar el grado de gordura del animal son: que se requiere un equipo especial (escanógrafo), el cual puede ser costoso; además, el operador debe mostrar gran habilidad práctica a fin de reducir la variación por efectos de medición; asimismo, es necesario mantener al animal completamente inmovilizado durante la medición; y al parecer, las estimaciones por ultrasonido no han resultado ser más precisas cuando los resultados han sido comparados con los obtenidos por otros métodos más sencillos y prácticos. Sin embargo, dependiendo del uso que se de a la información obtenida, el potencial de las técnicas de ultrasonido puede ser explotado en la investigación y la enseñanza en ciencia animal (Houghton y Turlington, 1992).

#### 2.1.3.2. Evaluación de una escala de condición corporal

Independientemente del sistema de evaluación utilizado (mediante apreciación visual, palpación o ultrasonido) y de la magnitud o amplitud de una escala en particular, cualquier técnica utilizada para estimar la condición corporal debe mostrar alto grado de precisión y, sobre todo, ser repetible, es decir debe tener un alto coeficiente de correlación entre evaluaciones sucesivas de un mismo evaluador o juez y entre las

evaluaciones de todos los jueces. Asimismo, el sistema de predicción podrá ser útil si las evaluaciones están correlacionadas positivamente con las características a evaluar.

Aunque la condición corporal es una medida subjetiva, con la práctica se puede obtener un alto nivel de repetibilidad y reproducibilidad entre las observaciones hechas por un mismo juez y entre jueces, respectivamente (Croxtón y Stollard, 1976). El índice de repetibilidad ( $r_1$ ) establece la correlación entre la primera, segunda y sucesivas evaluaciones de condición corporal que un juez dio a un mismo animal, mientras que el índice de reproducibilidad ( $r_2$ ) indica la correlación entre las evaluaciones emitidas por cada uno de los jueces para el mismo animal. Evans (1978) obtuvo los valores de  $r_1$  y  $r_2$  a partir del análisis de los componentes de varianza asociados a la variación entre las calificaciones de condición corporal emitidas dentro y entre los jueces, la variación de la condición corporal entre los animales y la interacción entre ambos, animal y juez. La evaluación de una escala por el método propuesto por Evans (1978) permite detectar el grado de apropiación que cada uno de los jueces tiene de un sistema para evaluar condición corporal. Es decir, el método de Evans (1978) permite identificar si alguno de los jueces u operadores tiende a otorgar calificaciones altas o bajas en un rango fuera de lo normal, considerando las evaluaciones de los otros jueces. Estas valoraciones son importantes, sobre todo, durante el proceso de entrenamiento y conformación del grupo de evaluadores. A través de la interpretación del análisis de la condición corporal comparar la efectividad de los métodos para medir la condición corporal en determinadas condiciones.

En varios estudios se ha estimado la efectividad de la escala cuando se mide la condición corporal en rumiantes. Croxtón y Stollard (1976) utilizaron el sistema de Lowman *et al.* (1976) para determinar la condición corporal en vacas lecheras y productoras de carne y reportaron que los índices de

repetibilidad y reproducibilidad estuvieron entre .80 y .90 para diferentes grupos raciales. Evans (1978) también probó la escala de Lowman *et al.* (1976) con datos de seis experimentos realizados en diversas regiones de Escocia, con la participación promedio de nueve jueces (5 a 13 en cada experimento), los cuales midieron la condición corporal en vacas. Los índices de repetibilidad y reproducibilidad estimados fueron .81 y .70, respectivamente. Cuando el análisis fue hecho en borregos, Evans (1978) evaluó la efectividad de la escala propuesta por Russel *et al.* (1969) y encontró una correlación entre las evaluaciones repetidas de un mismo juez (repetibilidad) de .88 y correlación entre jueces (reproducibilidad) de .81. Posteriormente, realizando adaptaciones al sistema de evaluación de condición corporal propuesto por Lowman *et al.* (1976), Mulvany (1977) encontró correlaciones ( $r_2$ ) de .75 y .85 entre los valores otorgados por todos los jueces para el área del lomo y la base de la cola, respectivamente. Sin embargo, en un estudio realizado con novillos finalizados, Nicoll (1981) encontró una correlación entre las evaluaciones de dos jueces de .46.

En un experimento realizado en Uruguay, Vizcarra *et al.* (1986) utilizaron 121 vacas Hereford con el propósito de estimar la repetibilidad y reproducibilidad de dos escalas de condición corporal utilizando los métodos de apreciación visual (escala propuesta por Earle *et al.*, 1976) y por palpación (escala propuesta por Lowman *et al.*, 1976). Ellos reportaron valores del índice de repetibilidad de .80 y .70 para las evaluaciones repetidas por cada juez por los métodos de apreciación visual y palpación, respectivamente; en tanto que los índices de reproducibilidad fueron .69 y .64 para las evaluaciones entre jueces, por los métodos de apreciación visual y palpación, respectivamente. Lo anterior puede implicar que la escala utilizada para medir la condición corporal por apreciación visual, resultó ser más efectiva que el procedimiento de palpación para las condiciones de Uruguay.

Con el objetivo de elaborar una guía que permitiera evaluar la condición corporal de vacas Holstein por el método de apreciación visual, Edmonson *et al.* (1989) desarrollaron dos experimentos con 59 y 25 vacas para ser evaluadas en su condición corporal con la participación de nueve y cinco jueces, respectivamente, basados en la escala de Wildman *et al.* (1982). Los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas entre los jueces con categoría de expertos, lo cual sugiere que la aplicación de la escala se dio con similar precisión por cada uno de los experimentados jueces. La interacción del juez con el animal fue no significativa lo cual parece indicar que todos los jueces sobrevaluaron o subvaluaron la condición corporal de una u otra vaca con una magnitud similar cuando ellos no asignaron la misma calificación. La variabilidad entre vacas fue considerablemente mayor que la variabilidad entre jueces, indicando que la condición corporal de las vacas estuvieron dadas en un rango amplio de la escala. Las mayores variaciones entre jueces, encontradas por Edmonson *et al.* (1989) estuvieron dadas en el segundo experimento cuando se compararon las evaluaciones de los jueces para una misma área corporal a evaluar, sin embargo, hubo también poca variación de los jueces entre las evaluaciones de dos o más áreas. Los autores concluyeron que el sistema de evaluación de la condición corporal por apreciación visual, aún cuando es subjetivo, constituye una herramienta útil para ser relacionada con medidas biológicas objetivas; y que la subjetividad de la escala podría ser disminuida reduciendo la variabilidad entre las observaciones de los jueces, mediante un proceso de apropiación, por el conjunto de jueces, de los criterios establecidos en la escala.

Las correlaciones simples entre las calificaciones de condición corporal otorgadas por diferentes procedimientos, también pueden servir para probar la validez de uno u otro sistema de evaluación. Garnsworthy y Topps (1982) obtuvieron estimaciones de la cubierta de grasa subcutánea en vacas lecheras a partir de estimaciones de condición corporal por



palpación, y midiendo la profundidad de la grasa subcutánea por el método de ultrasonido. Las correlaciones entre ambas medidas se ubicaron entre .60 y .76 para las diferentes etapas en que se realizaron las mediciones. Nelsen *et al.* (1985) también relacionaron los valores de condición corporal obtenidos por los métodos de apreciación visual y palpación. Las correlaciones encontradas fueron de .71 y .78 para vacas Hereford y vacas Hereford cruzadas con otras razas británicas, respectivamente. Nelsen *et al.* (1985) concluyeron que ambos métodos (apreciación visual y palpación) pueden considerarse similares en cuanto a la precisión para estimar la condición corporal.

#### 2.1.4. Peso vivo y condición corporal

La energía almacenada en forma de grasa corporal puede afectar los requerimientos para mantenimiento de las vacas (Klosterman *et al.*, 1968). Asimismo, el impacto que el ambiente tiene sobre los requerimientos para mantenimiento puede ser diferente en función de la condición corporal del animal; así, las vacas que tienen mayor cantidad de reservas corporales tienen menores requerimientos de energía para mantenimiento comparado con los requerimientos de las vacas flacas (Russel y Wright, 1983), debido a que las vacas gordas tienen mayor cubierta de grasa en el tejido subcutáneo que las vacas flacas.

La condición corporal (Wright y Russel, 1984a) y el peso vivo (Fox *et al.*, 1988) son los factores que más se utilizan para determinar los requerimientos de energía metabolizable de los rumiantes. En ese sentido, algunos estudios se orientaron a demostrar que la condición corporal puede ser mejor predictor que el peso vivo en la estimación de la cantidad de reservas corporales y en la determinación de los requerimientos de energía para el ganado (Klosterman *et al.*, 1968; Russel y Wright, 1983; Thompson *et al.*, 1983; Fox y Black, 1984; Fox *et al.*, 1988; Wagner *et al.*, 1988a). En un experimento que se realizó con vacas Hereford y Charolais, Klosterman *et*

*al.* (1968) observaron los efectos de la condición corporal y el tamaño corporal (peso y altura) sobre los requerimientos para mantenimiento. Ellos encontraron que las vacas que incrementaron la condición corporal disminuyeron sus requerimientos de energía para mantenimiento, mientras que las vacas que perdieron peso vivo y condición corporal, mostraron mayores requerimientos de energía. Estos mismos investigadores utilizaron el cociente peso:altura y profundidad de la grasa subcutánea como predictor del contenido de grasa corporal. La correlación reportada entre ambas mediciones fue de .51. Por lo cual sugirieron que este cociente fue útil para estimar la composición corporal de las vacas. Estos resultados difieren de los reportados por Dunn *et al.* (1983), quienes encontraron una correlación más alta entre la condición corporal y el porcentaje de grasa en la canal que la correlación entre el peso vivo y la proporción de grasa corporal.

Por otro lado, Thompson *et al.* (1983) condujeron un estudio para evaluar la conveniencia de utilizar a la condición corporal y algunas mediciones físicas (peso, altura y cociente peso:altura) para estimar el porcentaje de grasa corporal en vacas Angus, Angus x Hereford y Angus x Holstein. Las correlaciones entre el porcentaje de grasa corporal y condición corporal, peso vivo y peso:altura fueron .66, .54 y .58, respectivamente. Ellos concluyeron que, únicamente para las vacas Angus y Angus x Hereford, la condición corporal resultó ser el mejor predictor de la cantidad total de grasa en el animal. Para las cruzas de Angus x Holstein los tres estimadores tuvieron bajo nivel de predicción debido, probablemente, a que la influencia de la raza Holstein modificó la distribución de la grasa en el cuerpo del animal. Estos resultados parecen indicar que las mediciones físicas no son superiores a la condición corporal como estimadores de la composición corporal en vacas productoras de carne.

Con el objetivo de estudiar la relación entre la condición corporal, el peso vivo, el cociente peso:altura y la composición de la canal, y la relación



entre condición corporal y el requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento, Wagner *et al.* (1988a) asignaron tres regímenes de alimentación a 35 vacas Hereford fuera del periodo de lactancia (periodo seco). Todas las vacas iniciaron su tratamiento con una condición corporal moderada (5, en una escala de 1 a 9) y 400 kg de peso vivo, aproximadamente. Doce vacas fueron alimentadas con una dieta baja en nutrientes (proteína y energía) para que perdieran 80 kg de peso vivo y 2 unidades de condición corporal. Un segundo grupo de igual número de vacas fueron alimentadas para que mantuvieran el peso vivo y la condición corporal. El resto de vacas consumieron una dieta para que ganaran 80 kg y 2 unidades de condición corporal. Los coeficientes de correlación entre la condición corporal, peso vivo, cociente peso:altura y los estimadores de la composición corporal, mostraron valores muy similares (Cuadro 1). Sin embargo, cuando la energía y grasa fueron expresadas en porcentaje, la condición corporal tuvo coeficientes de correlación más altos que las mediciones físicas.

**Cuadro 1. Coeficientes de correlación de la condición corporal, el peso vivo y el cociente peso:altura con algunos estimadores de la composición de la canal.**

| <b>Factor</b>             | <b>EMC<sup>a</sup></b> | <b>EPU<sup>b</sup></b> | <b>GT<sup>c</sup></b> | <b>PGC<sup>d</sup></b> | <b>PC<sup>e</sup></b> | <b>Agua</b> |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Condición corporal</b> | .92                    | .90                    | .91                   | .91                    | .86                   | .84         |
| <b>Peso vivo</b>          | .90                    | .76                    | .88                   | .80                    | .84                   | .88         |
| <b>Peso:Altura</b>        | .91                    | .80                    | .90                   | .83                    | .84                   | .88         |

<sup>a</sup> Energía total de la canal (Mcal)

<sup>b</sup> Energía de la canal (Mcal/kg)

<sup>c</sup> Grasa de la canal (kg)

<sup>d</sup> Grasa de la canal (%)

<sup>e</sup> Proteína de la canal (kg)

Fuente: Adaptado de Wagner et al. (1988a)

Houghton *et al.* (1990b) analizaron también el comportamiento del peso vivo, cociente peso:altura y condición corporal y adicionalmente, la condición corporal asociada con el peso vivo (CC + PV), como predictores de la composición corporal en vacas Charolais x Angus. Las correlaciones de la condición corporal, peso vivo y cociente peso:altura con el contenido de lípidos en la canal fueron altas y positivas (.63, .62 y .66, respectivamente). Asimismo, las correlaciones entre la condición corporal, el peso vivo y el cociente peso:altura y el porcentaje de lípidos totales, fueron de .68, .66 y .70, respectivamente. Sin embargo, la condición corporal asociada al peso vivo resultó ser el mejor predictor ( $r=.70$  a  $.74$ ) del contenido de lípidos en la canal y el porcentaje de lípidos en el cuerpo del animal. Por lo anterior, Houghton *et al.* (1990b) concluyeron que el mejor modelo para predecir el porcentaje de grasa en la canal fue el que incluyó a la condición corporal y el peso vivo simultáneamente, y que la condición corporal fue igual o más importante que el peso vivo para predecir las características de la canal y la composición corporal.

El espesor de la grasa dorsal de vacas Charolais x Angus también fue estimado por Houghton *et al.* (1990b) a nivel de la doceava costilla. Ellos reportaron correlaciones altas y positivas entre la grasa dorsal y el contenido de lípidos en la canal y el porcentaje de lípidos en todo el cuerpo ( $r=.88$  y  $.87$ , respectivamente). Esos resultados concuerdan con los de Dunn *et al.* (1983), quienes encontraron una estrecha relación entre la grasa dorsal sobre la doceava costilla y la grasa de la canal ( $r=.86$ ), y la energía contenida en la canal ( $r=.91$ ). De modo similar, Gresham *et al.* (1986) reportaron una correlación positiva entre la grasa dorsal de la canal sobre la doceava costilla y la cantidad de grasa total presente en la canal ( $r=.78$ ). Esos resultados indican que la estimación de la condición corporal a partir de la medición de la profundidad de la grasa dorsal a nivel de la doceava costilla, puede ser útil para estimar la grasa de la canal y la cantidad de grasa total presentes en el animal.

La utilidad de la condición corporal y el peso vivo como predictores de la composición energética de la canal también ha sido discutida (Dunn *et al.*, 1983; Wright y Russel, 1984a; Wagner *et al.*, 1988a; Fox *et al.*, 1992). Mediante análisis de regresión, Dunn *et al.* (1983) encontraron que la condición corporal y el cociente peso:altura en vacas productoras de carne explicaron el 59 y 30% de la variación de la energía retenida por kg de canal caliente, y el 66 y 33% de la variación de la energía almacenada por kg de peso vivo, respectivamente. Ellos sugirieron que la condición corporal es el mejor predictor de la composición energética corporal en vacas. En el mismo sentido, Wright y Russel (1984a) demostraron que la condición corporal fue un predictor útil en la estimación del contenido de energía en ganado productor de carne y en vacas lecheras, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de .91 y .86 para cada grupo racial, respectivamente. En los resultados de Wright y Russel (1984a), la condición corporal y el peso vivo explicaron el 91.2% y 90.2%, respectivamente, de la variación en grasa corporal en vacas adultas.

En el Cuadro 2 se muestran las ecuaciones de predicción generadas por Wagner *et al.* (1988a) para estimar la energía de la canal considerando la condición corporal, el peso vivo y la relación peso:altura. Cuando la energía de la canal fue expresada sobre un valor absoluto, la condición corporal, el peso vivo y el cociente peso:altura, estimaron de modo similar el contenido de energía y de grasa de la canal. Sin embargo, cuando la energía y grasa contenida en la canal fueron expresadas por unidad de peso y porcentaje de la canal, la condición corporal como factor de predicción determinó con mayor precisión la variación entre el contenido de energía y grasa presentes en el cuerpo del animal.

Valores de condición corporal, peso vivo y cociente peso:altura han sido analizados con la finalidad de encontrar el grado de asociación entre estas variables. Thompson *et al.* (1983) reportaron una correlación de .75 entre la

condición corporal y peso vivo de vacas Angus y Angus x Hereford. También Nelsen *et al.* (1985) reportaron correlaciones entre la condición corporal y el peso vivo o el cociente peso:altura, superiores a .95, mientras que en otros estudios se obtuvieron correlaciones menores a .55, para la condición corporal con el peso vivo y para la condición corporal con el cociente peso:altura (Northcutt, *et al.*, 1992).

**Cuadro 2. Ecuaciones de predicción de la energía total (EMC), energía por kg (EPU), grasa total (GT) y porcentaje de grasa (PGC) como variables de la canal, en función de la condición corporal (CC), el peso vivo (PV) y el cociente peso:altura (PA).**

| Ecuación                 | R <sup>2</sup> | Syx   |
|--------------------------|----------------|-------|
| EMC = -221.5 + 128.19 CC | .85            | 79.14 |
| = -661.5 + 2.73 PV       | .81            | 89.06 |
| = -756.7 + 361.52 PA     | .83            | 85.16 |
| EPU = .147 + .3165 CC    | .82            | .242  |
| = -.689 + .0065 PV       | .60            | .355  |
| = -.973 + .8774 PA       | .64            | .338  |
| GT = -30.38 + 11.385 CC  | .82            | 7.72  |
| = -69.38 + .243 PV       | .78            | 8.56  |
| = -78.14 + 32.176 PA     | .80            | 8.14  |
| PGC = -6.75 + 3.645 CC   | .82            | 2.46  |
| = -16.30 + .070 PV       | .64            | 3.52  |
| = -19.34 + 9.477 PA      | .68            | 3.32  |

Fuente: Wagner et al. (1988a)

Con base en los resultados antes revisados, es posible resumir que: a) la mayoría de los reportes citados definieron altas correlaciones entre la condición corporal, el peso vivo y el cociente peso:altura; b) las correlaciones entre las medidas de composición corporal y la condición corporal, peso vivo, cociente peso:altura y el espesor de la cubierta de grasa dorsal, son altas y positivas; y c) la condición corporal es más útil para predecir las proporciones de grasa y energía en la canal que el peso vivo.

## **2.2. Producción de leche y comportamiento de los terneros**

La alimentación antes y después del parto es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento en la lactancia de las hembras particularmente en el rendimiento y composición de la leche (Lamond *et al.*, 1969; Beal *et al.*, 1990; Kearnan y Beal, 1992). Asimismo, la producción de leche durante las primeras semanas después del parto, está directamente asociada con la cantidad de reservas corporales que disponga la vaca (Garnsworthy, 1988).

### **2.2.1. Producción de leche**

Se ha observado que una severa desnutrición durante el periodo seco de la vaca puede afectar el comportamiento en la lactancia posterior, sobre todo cuando el animal llega al parto en condición corporal pobre (Treacher, 1970). Por esto, el nivel de nutrición preparto puede afectar la condición corporal al parto y prolongar su efecto sobre la producción de leche después del parto. Estos resultados han sido avalados por Broster (1971) en una revisión de los efectos del nivel de alimentación preparto sobre la producción de leche de las vacas en la subsecuente lactancia. Broster (1971) sugirió que un incremento en la suplementación, en las vacas que consumen forraje de mala calidad durante el último tercio de la gestación, tiene como resultado mayor ganancia de peso vivo y aumento en la condición corporal al parto así como un incremento en el rendimiento de leche durante

la primera fase de la lactancia. Por otro lado, vacas que no recibieron alimento suplementario perdieron peso vivo y condición corporal durante la última fase de la gestación y tuvieron menor rendimiento de leche después del parto. Esta relación positiva entre un nivel de nutrición moderado preparto y el rendimiento de leche en la subsecuente lactancia ha sido señalada en otros reportes (Bond y Wiltbank, 1970; Bartle *et al.*, 1984; Wright *et al.*, 1986; Girón y Hernández, 1995). No obstante, si la desnutrición preparto es moderada, el comportamiento de la lactancia puede ser mejorado con un nivel de alimentación adecuado (*ad libitum*) después del parto.

Asimismo, se ha demostrado que el nivel de consumo postparto también afecta la capacidad de las vacas para producir leche. Haresign (1984) establece que al principio de la lactancia, el consumo de energía proveniente del alimento, generalmente es menor que la capacidad que tiene la vaca para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción de leche por lo que, normalmente se produce un desbalance entre la energía requerida y la energía obtenida del alimento. Al no proveer el alimento consumido la energía requerida al inicio de la lactancia, la vaca debe utilizar parte de la energía retenida en su cuerpo en forma de grasa y músculo para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción. Una alimentación deficiente después del parto obligará a la madre a remover mayor cantidad de reservas corporales, las cuales podrán ser utilizadas en forma de energía metabolizable para mantener la producción de leche, principalmente (Garnsworthy, 1988). No obstante, el balance negativo de energía que experimenta la vaca después del parto es corregido a medida que avanza la lactancia, debido a un incremento sostenido en el consumo de alimento y, probablemente, a la caída de la producción de leche después de que la curva de lactancia alcance el pico máximo de producción. El esquema de utilización de la energía durante la lactancia, el cual ha sido explicado por Haresign (1984) y Garnsworthy (1988), adquiere mayor relevancia en vacas



altas productoras de leche que en vacas de bajo potencial lechero, asimismo, el desbalance energético postparto es más común en vacas lecheras que en vacas productoras de carne.

Efectos aditivos del nivel de alimentación preparto y la nutrición postparto fueron señalados por Grainger *et al.* (1982) en un estudio realizado con vacas Holstein y Jersey en Australia. Ellos reportaron que el incremento en la condición corporal al parto permitió un aumento en la producción de leche; asimismo, si la condición corporal al parto fue moderada y la nutrición postparto adecuada, se obtuvieron niveles altos de producción de leche a la vez que se redujo la necesidad de que las vacas movilizaran sus reservas corporales. Al parecer, la mayor respuesta en el nivel de consumo de nutrientes después del parto se da en vacas que llegan al parto en condición corporal pobre. Las vacas que llegan flacas al parto solo pueden incrementar la producción de leche cuando reciben una sobrealimentación después del parto (Treacher *et al.*, 1986), pero si consumen poco alimento o este es restringido en nutrientes las vacas pueden disminuir drásticamente su producción de leche.

Por otro lado, las vacas de condición corporal moderada al parto, aunque pueden producir altas cantidades de leche, estas no son fuertemente impactadas por el consumo elevado de nutrientes durante el primer tercio de la lactancia. Por el contrario, se ha observado que las vacas que llegan al parto con una condición corporal alta ( $>7$ , escala de 1 a 9) producen menos leche que aquellas que llegan con condición corporal pobre al parto ( $\leq 4$ ), aun cuando, ambas reciban alimentación *ad libitum* después del parto (Gardner, 1969; Boisclair *et al.*, 1986). Garnsworthy y Topps (1982) explicaron este hecho, señalando que las vacas que llegan flacas al parto, son capaces de incrementar el consumo de materia seca después del parto más rápidamente que las vacas gordas y, además, es probable que las vacas



flacas sean más eficientes en la utilización del alimento que las vacas gordas al inicio de la lactancia (Broster, 1971).

### 2.2.2. Comportamiento de los terneros

Desde el punto de vista evolutivo, el papel de la lactancia es proveer al ternero de los nutrientes necesarios durante el periodo inicial de su vida, lo cual es fundamental para preservar la especie (Haresign, 1984).

En los sistemas de producción de carne, la sobrevivencia y desarrollo del becerro depende grandemente del ambiente materno que provee la madre. El componente más importante de esa dependencia es la nutrición que recibe el ternero a través del consumo de leche (Clutter y Nielsen, 1987). Algunos estudios han mostrado que la cantidad de nutrientes disponibles por la vaca previo a, y durante la lactancia, ejercen marcada influencia sobre la cantidad de leche producida, e indirectamente, sobre el comportamiento de las crías del nacimiento al destete (Wiltbank *et al.*, 1962; Totusek *et al.*, 1973; Bartle *et al.*, 1984; Kearnan y Beal, 1992). Asimismo, cuando el nivel de nutrición es inadecuado, la vaca intenta mantener su potencial de producción de leche a expensas de sus reservas corporales, pero inhibiendo en consecuencia su comportamiento reproductivo (Boggs *et al.*, 1980). El consumo de alimento y/o la condición corporal de la madre pueden afectar el comportamiento del becerro, debido a que la vaca requiere de un adecuado balance de nutrientes durante la lactancia para producir suficiente leche, necesaria para el óptimo crecimiento del ternero, sobre todo durante el periodo en el cual la cría depende casi exclusivamente de la leche que produce su madre.

No existe una definición precisa del tiempo en el cual el crecimiento del ternero depende estrechamente de la producción de leche de la vaca, ni de la edad del becerro a la cual su crecimiento depende directamente del consumo de alimento sólido (Bartle *et al.*, 1984). Sin embargo, la

sobrevivencia, crecimiento y desarrollo del ternero están influenciados grandemente por el consumo de leche producida por la vaca durante el primer tercio de la lactancia (Lubritz *et al.*, 1989).

Con el objetivo de estimar el grado de dependencia entre la producción de leche y el comportamiento del becerro durante la lactancia de vacas Hereford, Robison *et al.* (1978) encontraron que la producción de leche, como única fuente de nutrientes de los terneros, cubrió completamente los requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia sólo durante el primer mes de lactancia; en cambio, del segundo al cuarto mes, los terneros debieron recibir una fuente adicional de energía para cubrir parte de los requerimientos para ganancia de peso. Después del cuarto mes de lactancia, la leche producida por la vaca no alcanzó a cubrir los requerimientos de energía metabolizable, proporcionando menos del 60% de las necesidades de nutrientes para mantenimiento de los terneros. Boggs *et al.* (1980) también reportaron que la mayor dependencia del ternero con respecto a la producción de leche en vacas Hereford, sólo se dio durante las primeras ocho semanas de lactancia, debido a que al finalizar ese periodo las vacas produjeron leche (5.8 kg, por día) únicamente para satisfacer las necesidades de mantenimiento de los terneros; posteriormente, el crecimiento del ternero dependió más del consumo de alimento sólido que de la cantidad de leche consumida. Esos resultados concuerdan con los reportados por Bartle *et al.* (1984) quienes analizaron datos de vacas Hereford y Hereford x Angus y encontraron que después de la novena semana, cuando la producción de leche fue de 5 kg por día, las vacas sólo fueron capaces de proporcionar al ternero (a través de la leche que producen) la energía suficiente para la función de mantenimiento, pero no para ganancia de peso. Sin embargo, en el estudio que Richardson *et al.* (1978) realizaron con vacas productoras de carne, se observó que mientras las hembras mantuvieron una producción de 6.4 kg de leche por día, al finalizar la semana trece los requerimientos de energía para mantenimiento

del ternero fueron cubiertos, pero, posteriormente, fue necesario ofrecer una fuente adicional de nutrientes para mantener una determinada tasa de ganancia de peso en los terneros.

Se ha observado que la producción de leche tiene influencia directa sobre la ganancia diaria predestete y sobre el peso al destete (Neville, 1962; Robison *et al.*, 1978; Chenette y Frahm, 1981; Clutter y Nielsen, 1987; Mezzadra *et al.*, 1989; Beal y Kearnan, 1993). Las estimaciones reportadas por Melton *et al.* (1967), Robison *et al.* (1978) y Boggs *et al.* (1980) indican que la cantidad de leche requerida para incrementar en una unidad el peso del ternero va de 5 a 30 kg; sin embargo, el rango más común de los valores reportados va de 10 a 20 kg de leche por unidad de ganancia de peso en los becerros (McMorris y Wilton, 1986; Beal *et al.*, 1990). La variación en la eficiencia de conversión de leche a ganancia de peso está dada por efectos de factores ambientales, y por el potencial de crecimiento de los becerros (Beal y Kearnan, 1993). No obstante, dentro de los factores ambientales, el consumo de leche representa el componente más importante para el crecimiento y desarrollo de los becerros, no solamente durante la lactancia, sino también sobre la ganancia de peso postdestete, y puede reflejarse más tarde en el peso y rendimiento de la canal (Clutter y Nielsen, 1987). En el mismo sentido, se ha encontrado que las correlaciones entre la producción de leche de las madres y la ganancia de peso predestete del becerro son positivas pero variables del orden de .88 (Totusek *et al.*, 1973) a .29 (Chenette y Frahm, 1981). Sin embargo, las correlaciones más comunes reportadas entre el crecimiento predestete del becerro y la producción de leche, estimada por varios métodos, en ambientes y razas diferentes, son superiores a .50 (Neville 1962; Melton *et al.*, 1967; Gladdie y Berg, 1968; Totusek *et al.*, 1973; Clutter y Nielsen, 1987; Beal *et al.*, 1990; Kearnan y Beal, 1992). Clutter y Nielsen (1987) condujeron un estudio en el cual utilizaron vacas cruzadas de Angus x Hereford, Angus x Red Poll y Angus x Shorthorn y en ellas observaron que, independientemente del grupo racial,

la correlación entre el consumo de leche y la ganancia diaria predestete ( $r=.60$ ) fue mayor durante las primeras semanas de edad del ternero, pero se redujo en los periodos subsecuentes de la lactancia; además, la diferencia en la producción de leche entre los genotipos, afectó el crecimiento predestete de los becerros. Las correlaciones entre producción de leche y peso al destete también han sido moderadas pero positivas, del orden de .63 (Robison *et al.*, 1978) a .20 (Chenette y Frahm, 1981).

La calidad de la leche, a través de sus componentes que forman los sólidos totales, minerales, lactosa, grasa y proteína, principalmente, también ha sido asociada con el crecimiento predestete y/o con el peso al destete de los terneros. Para ambos casos, las correlaciones reportadas fluctúan entre 0.21 y 0.50 (Melton *et al.*, 1967; Jeffery *et al.*, 1971; Totusek *et al.*, 1973; Chenette y Frahm, 1981; Marston *et al.*, 1992). Al parecer, la producción de leche tiene mayor influencia sobre el comportamiento de los terneros que la que tienen la grasa y la proteína de la leche, mientras que el porcentaje de los constituyentes totales de la leche tienen muy poco efecto (Robison *et al.*, 1978; Marston *et al.*, 1992).

Los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) para estimar la cantidad de variación de la ganancia predestete, en función del consumo de leche, han sido reportados en varios artículos científicos. Un trabajo clásico es el de Neville (1962), quien reportó un  $r^2$  de .66 entre la producción de leche de vacas Hereford y la tasa de crecimiento de los terneros, lo cual implica que el 66% de la variación en la ganancia diaria de peso puede ser explicada por efectos de la cantidad de leche consumida por el becerro. Posteriormente, Jeffery *et al.* (1971) y Rutledge *et al.* (1971) indicaron que el 60% de la variación en la ganancia diaria predestete de los terneros nacidos de vacas Hereford estuvo influida por la producción de leche de la madre. Resultados recientes reportados por Beal *et al.* (1990) y Kearnan y Beal (1992) sugieren que más del 50% de la variación en la ganancia de peso predestete de los

terneros, en los sistemas de producción de carne, puede ser explicada debido a las diferencias en producción de leche de vaca, y que esa influencia puede ser más pronunciada cuando el becerro es totalmente dependiente de la producción de leche de la madre.

La consistencia de los valores anteriormente expuestos permiten obtener tres conclusiones importantes:

- a). Existe una relación positiva y estrecha entre la producción de leche de las vacas y el comportamiento productivo de sus terneros del nacimiento al destete, lo cual indica que la cantidad de leche consumida durante la lactancia es el factor que mayormente influye sobre la ganancia diaria predestete y el peso al destete de los becerros.
- b). En virtud de que los becerros pueden incrementar el consumo de leche disponible, antes que el consumo de alimento sólido, la mayor dependencia del ternero con respecto de su madre se da del nacimiento hasta cuando se alcanza el pico de la lactancia.
- c). Un incremento en el potencial de producción de leche en hatos productores de carne, puede ser aprovechado para incrementar el peso y la tasa de crecimiento predestete de los becerros, en beneficio de la eficiencia productiva de los sistemas de producción vaca-becerro.

### **2.3. Nutrición y Reproducción**

La reproducción es uno de los factores de mayor importancia que limita la eficiencia biológica de los mamíferos domésticos (Dickerson, 1970; Dickerson, 1978; Dziuk y Bellows, 1983; Short *et al.*, 1990; Williams, 1990). Varios son los factores que afectan el desempeño reproductivo de los rumiantes en condiciones de buena salud: la disponibilidad de alimento (Lamond, 1970; Dunn y Kaltenbach, 1980; Randel, 1990; Brown, 1994); el



amamantamiento (Wettemann *et al.*, 1978; Randel, 1981; Whisnant *et al.*, 1986; Williams, 1990); el nivel de producción de leche (Oxenreider y Wagner, 1971; Edgerton, 1980; Bines y Morant, 1983); el clima (Buck y Light, 1982; Turner, 1982; Hunter y Buck, 1985); y el fotoperiodo, principalmente en ovejas (Lindsay *et al.*, 1984; Dunn y Moss, 1992).

### **2.3.1. Componentes de la eficiencia reproductiva en rumiantes**

Entre los componentes de fertilidad que más afectan la eficiencia reproductiva en animales de varias especies, está el anestro postparto. El anestro postparto ha sido definido como el tiempo que ocurre del parto al primer estro y es identificado también como intervalo postparto (IPP). El intervalo de anestro postparto es determinante sobre la probabilidad de que las vacas (Wiltbank *et al.*, 1962), ovejas (Dunn y Kaltenbach, 1980) y cerdas (Armstrong *et al.*, 1986) puedan iniciar la gestación durante el periodo de empadre. Otros intervalos reproductivos asociados a la fertilidad de los rumiantes son: el periodo del parto al primer servicio, el periodo del parto a la ovulación, el periodo del parto a la concepción y el periodo entre partos. Sin embargo, el intervalo de anestro postparto constituye la medida más relacionada con el potencial de fertilidad del ganado (Short *et al.*, 1990; Williams, 1990).

#### **2.3.1.1. Factores que afectan la fertilidad de la vaca**

La probabilidad de que ocurra una preñez después del parto dependerá de cuatro factores: infertilidad general, involución uterina, presencia de estros cortos y un periodo de anestro (Short *et al.*, 1990).

a). Infertilidad General. De manera natural, dentro de los intervalos reproductivos que llevan a la vaca a la preñez, existe un componente de infertilidad general, el cual puede disminuir la fertilidad de la hembra entre 20 y 30% (probabilidad de que ocurra una preñez en un periodo razonablemente corto después del parto). Este componente de infertilidad,

**“intrínseco” del animal, no puede ser fácilmente manejado por el ganadero y aunque constituye un factor de importancia relativa, poco es lo que se puede hacer para minimizarlo.**

**b). Involución uterina.** Durante el proceso de involución uterina se mantiene un estado de anestro, causando infertilidad en la vaca durante los primeros 20 días después del parto. Al parecer, el proceso de involución uterina constituye una barrera física que se opone al transporte de los espermatozoides y a la implantación del óvulo fecundado, por lo que la infertilidad de la hembra durante la reconstitución fisiológica del útero después del parto, no se debe a deficiencias en la función del ovario u otros mecanismos fisiológicos ligados a la actividad ovárica (Short *et al.*, 1974). Por ello, Kiracofe (1980) concluyó que la involución uterina no está relacionada con el anestro postparto y que las hembras de los rumiantes son fértiles durante y después de que el útero adquiere su constitución normal después del parto. Aun así, la involución uterina después del parto no constituye un problema que resolver sobre la fertilidad, debido a que pocas hembras podrán exhibir estro durante ese periodo.

**c). Estros cortos.** Los estros cortos también contribuyen a la infertilidad de las vacas entre los 20 y 40 días después del parto. Los ciclos estrales cortos se presentan, al parecer, por alguna deficiencia en el funcionamiento del cuerpo lúteo y/o por anomalías en el envío de señales neuroendocrinas que regulan el ciclo estral y la preñez (Manns *et al.*, 1983; Rutter y Randel, 1984; Garverick *et al.*, 1988). En programas reproductivos, con periodos de empadre definidos en un intervalo corto, el síndrome del ciclo estral corto constituye un problema de infertilidad en el ganado productor de carne, porque si un ciclo estral corto aparece durante los primeros días del periodo de empadre, esa vaca no podrá recibir el primer servicio oportunamente debido a que el nuevo estro lo podrá presentar al final del periodo de empadre lo cual reduce la probabilidad de



que esa vaca quede preñada. Los ciclos estrales cortos pueden ser prevenidos mediante un programa de sincronización de estros con algunas ventajas para incrementar la fertilidad de las vacas durante el periodo de anestro postparto (Odde, 1990).

d). Anestro postparto. En términos estrictos, el periodo postparto que más afecta la fertilidad en el ganado es el intervalo de anestro en el cual, la vaca es apta para la concepción, pero no es capaz de expresar el celo. Este periodo de infertilidad causa problemas mucho más serios que la presencia de ciclos estrales cortos y que la involución uterina. Es probable que el mayor impacto del anestro sobre la fertilidad de la vaca ocurra después de los 40 días postparto (Short *et al.*, 1990). Sin embargo, este periodo de anestro puede ser manipulado con manejo y aplicación correcta de tecnologías apropiadas para disminuir el intervalo del parto al primer estro fértil, en beneficio de la eficiencia reproductiva del ganado productor de carne y/o leche.

#### 2.3.1.2. Factores que afectan el anestro postparto

En la práctica, el anestro postparto es el componente más importante de la fertilidad, con relevancia mayor en vacas productoras de carne y principalmente afectado por factores como la nutrición, el amamantamiento, la raza o genotipo de la vaca, la edad del animal, el número de parto, la época de parto y el periodo de empadre, la presencia del semental, la palpación uterina y dificultad al parto; observándose a la vez que de manera indirecta el ambiente influye en una proporción mayor sobre el anestro postparto, debido a que cada uno de estos factores, excepto el genotipo de la vaca, es ambiente sobre el genotipo.

Uno de los primeros trabajos de investigación en los que se analizaron los efectos de algunos de los factores asociados con el intervalo del parto al primer estro en ganado productor de carne, fue conducido por Warnick

(1955). Además, Short *et al.* (1990) y Williams (1990) resaltaron la importancia de algunos de esos factores.

a). Nutrición. El deteriorante efecto que tiene la subnutrición sobre el comportamiento reproductivo de los animales de interés pecuario ha sido reconocido por varios investigadores desde hace muchos años. Los artículos de Marshall publicados en 1903 y 1922 (citados por Ahmed *et al.*, 1955) son pioneros en señalar el efecto del nivel de la alimentación sobre la actividad reproductiva en ovejas. Guilbert en 1942 (citado por Randel, 1990) sugirió que la causa principal de las deficiencias en la reproducción del ganado es la subnutrición causada por una baja disponibilidad del forraje o la mala calidad del alimento. Otras revisiones han analizado los efectos de la nutrición sobre la reproducción del ganado (Blaxter, 1956; Reid, 1960; Lamond, 1970; Dyrmondsson, 1973; Dunn y Kaltenbach, 1980; Dziuk y Bellows, 1983; Broster y Broster, 1984; Short y Adams, 1988; Buttler y Smith, 1989; Swanson, 1989; Randel, 1990; Short *et al.*, 1990; Dunn y Moss, 1992; Brown, 1994). Los resultados encontrados en estas revisiones indican que la subnutrición extiende los intervalos postparto, especialmente el periodo del parto al primer estro (Randel, 1990), reduce la tasa de concepción (Wiltbank *et al.*, 1962; Jordan y Swanson, 1979; Richards *et al.*, 1986; Sasser *et al.*, 1989) y la tasa de preñez (Rakestraw *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988); retarda la edad a la pubertad en hembras (Allen y Lamming, 1961; Day *et al.*, 1986) y machos (VanDermark y Mauger, 1964; Dyrmondsson, 1973; Brown 1994); y en general, disminuye la productividad de los hatos.

A nivel de los órganos que participan en la reproducción, una alimentación deficiente en nutrientes ha afectado la actividad de las gónadas tanto en hembras como en machos de diferentes especies (Dunn y Moss, 1992; Brown, 1994); ha retrasado el desarrollo ovárico de animales prepúberes afectando la función folicular (Rasby *et al.*, 1991), el crecimiento de los testículos (VanDemark *et al.*, 1964; Brown, 1994) y la

producción de semen (Dunn y Moss, 1992; Brown, 1944). Además, la tasa de ovulación puede ser baja si el nivel de alimentación y/o de nutrientes en la dieta es restringido (Fletcher, 1981; Smith, 1988; Waghorn *et al.*, 1990). De manera análoga, el volumen del eyaculado, la producción de espermatozoides y la concentración de fructuosa, ácido ascórbico, nitrógeno total y minerales solubles en semen, también pueden ser bajos por efectos de deficiencias en la nutrición (Hiroe *et al.*, 1965; Oldham *et al.*, 1978).

Al parecer, los órganos del sistema endocrino, como el hipotálamo y la hipófisis, también son afectados por el bajo consumo de alimento o por la restricción de algún nutriente en la dieta, causando la inhibición en la liberación de gonadotropinas, principalmente FSH y LH. Tal efecto de la nutrición sobre la liberación de hormonas gonadotrópicas ha resultado en un decremento de la acción de estrógenos y andrógenos los cuales participan en la actividad sexual de hembras y machos, respectivamente (Alkass *et al.*, 1982; Short y Adams, 1988; Short *et al.*, 1990; Brown, 1994). Un prolongado estado de inanición puede traer como resultado la más completa inactividad sexual o recurrentes fallas de la actividad reproductiva (Brown, 1994).

De acuerdo con los reportes arriba señalados, es posible concluir que la subnutrición tiene un efecto negativo sobre el comportamiento reproductivo de los animales domésticos y para prevenir dichos efectos es necesario ofrecer niveles de nutrición adecuados para que el ganado exprese un desarrollo normal en su crecimiento y función reproductiva.

b). Amamantamiento durante la lactancia. Short *et al.* (1990) y Williams (1990) han establecido que los factores que producen las mayores diferencias en el intervalo postparto son la nutrición y el amamantamiento. Muchos son los reportes que han reiterado los efectos que el

amamantamiento tiene sobre la actividad reproductiva en las hembras de los mamíferos. Uno de los primeros trabajos de investigación que hoy se conocen (Clapp, 1937, citado por Wiltbank, 1970), respecto a los factores que más afectan la eficiencia reproductiva del ganado productor de carne, estableció que el intervalo del parto al primer estro fue más largo en vacas que amamantaron a su cría que en aquellas que recibieron ordeño sin la presencia del becerro. Posteriormente, otros trabajos han confirmado y ampliado el conocimiento sobre el efecto que el amamantamiento tiene sobre el intervalo postparto (Wiltbank y Cook, 1958; Wiltbank, 1970; Casida, 1971; Wettemann *et al.*, 1978; Carruthers y Hafs, 1980), intervalo del parto a la ovulación (Williams y Ray, 1970; Casida, 1971; Randel, 1981), actividad ovárica (Williams *et al.*, 1982; Shively y Williams, 1987) y actividad del hipotálamo y la hipófisis (Hampfrey *et al.*, 1983; Moss *et al.*, 1985; Whisnant *et al.*, 1985). Recientemente, Williams (1990) presentó una revisión amplia sobre el anestro inducido por amamantamiento poniendo énfasis en las implicaciones biológicas e impacto económico. Los efectos y mecanismos fisiológicos con que actúan el amamantamiento y la lactancia sobre los caracteres reproductivos también han sido revisados ampliamente por Edgerton (1980) y Williams (1990).

Algunas prácticas de manejo consistentes en separar total o parcialmente el becerro de su madre durante la lactancia, en determinadas condiciones, pueden resultar útiles para mejorar el comportamiento reproductivo postparto de las vacas productoras de carne. Dentro de estas prácticas se incluyen el amamantamiento restringido y el destete temporal (Short *et al.*, 1972; Laster *et al.*, 1973a; Wheeler *et al.*, 1982; Williams, 1990).

i) Destete temprano. La separación total del becerro de su madre durante los primeros 60 días después del nacimiento puede reducir el intervalo del parto al primer estro (Smith y Vincent, 1972; Bellows *et al.*, 1974), el periodo del parto a la concepción (Laster *et al.*, 1973a; La Voie *et*

*al.*, 1981; Randel, 1981) e incrementar la tasa de concepción (Williams, 1990). No obstante que el destete temprano tiende a reducir los intervalos postparto y a mejorar la fertilidad general de la hembra después del parto, este sólo es posible utilizarlo en condiciones especiales debido al alto costo e intensiva labor relacionados con la crianza artificial de los terneros.

ii) Amamantamiento restringido. La remoción del becerro para que este tome leche de su madre dos veces por día, durante 30 a 60 minutos, ha disminuido los periodos de anestro postparto y ha incrementado la tasa de concepción en vacas (Randel, 1981; Reeves y Gaskins, 1981; Stuedemann *et al.*, 1981; Williams, 1990). Aunque los resultados parecen alentadores, una de las limitaciones más comunes de la técnica de amamantamiento restringido es que solo puede ser aplicado en hatos pequeños con manejo intensivo.

iii) Destete temporal. La remoción temporal del becerro por periodos cortos de 48 a 60 horas, acompañado de un programa de sincronización de celos, ha sido un método utilizado para incrementar el número de vacas que presentan celo y logran la preñez temprana después del parto (Smith *et al.*, 1979; Troxel *et al.*, 1980; Whisnant *et al.*, 1986). El destete temporal acompañado con la aplicación de progestágenos o prostaglandinas es efectivo para inducir el retorno del estro y la ovulación postparto en vacas bien alimentadas y con buena condición corporal. Sin embargo, en vacas de condición corporal pobre los tratamientos pueden no tener la efectividad esperada.

El estímulo del amamantamiento puede ser suprimido con el destete al momento del nacimiento, o bien disminuir sus efectos sobre el intervalo postparto, con prácticas de amamantamiento restringido (una o dos veces por día, durante 30 minutos), y/o destete temporal de 48 h por ejemplo (Wettemann *et al.*, 1978; Williams, 1990).



c). Raza de la vaca. Varios reportes han demostrado que el tiempo en que ocurre el primer estro después del parto es afectado por el genotipo (Holness *et al.*, 1978; Buck y Light, 1982). Las razas productoras de leche pueden tener intervalos postparto más largos que las razas productoras de carne, incluso, puede haber diferencias en intervalos postparto entre genotipos de las razas productoras de carne (Dunn *et al.*, 1969; Hansen *et al.*, 1982). Es probable que los efectos de raza sobre el anestro postparto se deban a diferencias fisiológicas y/o físicas (tamaño, peso y condición corporal, por ejemplo), o tal vez, el efecto esté confundido por diferencias en la cantidad de leche producida en el inicio de la lactancia, o por diferencias en el consumo de alimento (Short *et al.*, 1990). Como sea, el efecto del genotipo sobre el intervalo del parto al primer estro es un factor importante, por lo cual comúnmente es considerado en el análisis del anestro postparto.

d). Edad y número de parto. Es bien conocido que las vacas jóvenes de primer parto muestran intervalos entre partos más largos que las vacas adultas, mientras que las vacas viejas con seis partos o más también reducen su fertilidad y presentan periodos de anestro postparto más prolongados (Doornbos *et al.*, 1984; Izaike *et al.*, 1984). Sin embargo, la edad de la madre y el número de parto están fuertemente ligados con problemas de dificultad al parto, el cual también es un factor que retarda la aparición del primer estro postparto (Brinks *et al.*, 1973; Bellows *et al.*, 1982; Bellows *et al.*, 1988). Por los grandes efectos que la edad de la vaca y el número de parto tienen sobre el anestro postparto, es recomendable que para la estimación del intervalo postparto sean considerados, uno u otro, como factores de ajuste, o bien con control desde el diseño experimental.

e). Epoca de parto y periodo de empadre. Los efectos de ambos factores están relacionados con diferencias ambientales de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y luz solar, aunque estos efectos pueden ser confundidos con cambios en el nivel nutricional y con el progreso

genético alcanzado durante el año. En varias regiones del mundo, en las cuales las estaciones del año están bien definidas, se ha observado que las vacas que paren al final de la primavera y al inicio del otoño presentan intervalos postparto más cortos (Christenson, 1980, Smeaton *et al.*, 1986) y mayores tasas de preñez durante la subsecuente época de empadre (Short *et al.*, 1990). Al parecer, el resurgimiento de la actividad ovárica postparto está relacionada con el nivel nutricional previo al empadre. Es por ello que durante el verano, cuando la producción de forraje es mayor y de mejor calidad, las vacas que ya han parido pueden recuperar reservas corporales, y aumentar así la fertilidad postparto. El clima y la nutrición son factores que influyen de manera importante sobre la actividad reproductiva del ganado, y esos efectos son más dramáticos en épocas de sequía en regiones tropicales y durante el invierno en regiones áridas y semiáridas (Hunter y Buck, 1985). En relación a lo anterior es realmente poco lo que se puede hacer a través del manejo para corregir los efectos estacionales que el ambiente ejerce sobre el anestro postparto, a no ser que se ofrezca alimentación suplementaria, que el intervalo postparto sea ajustado por estación o época de parto, sea utilizada la técnica de sincronización de estro y que el periodo de empadre sea reubicado en congruencia con la época de pariciones y disponibilidad de forrajes.

f). Presencia del semental. En los sistemas de explotación extensivos, y aún en pastoreo controlado de ganado productor de carne, la presencia del semental antes de la época de empadre puede acortar el intervalo postparto (Short *et al.*, 1990). Al parecer, la presencia del semental estimula los mecanismos fisiológicos que dan resurgimiento al ciclo estral de la vaca después del parto. Como parte del manejo del pie de cría, es deseable utilizar un semental desviado o estéril unos días antes del periodo de empadre para inducir estros postparto durante los primeros días del periodo de empadre. En sistemas intensivos, la presencia del semental puede ser



suplida con palpación rectal, lo cual también puede estimular el comienzo de un nuevo ciclo estral postparto (Tolleson y Randel, 1988).

### **2.3.2. Consumo y partición de nutrientes**

Los efectos de la nutrición sobre la producción de los animales domésticos tienen que ver con la calidad y cantidad del alimento consumido, las reservas de nutrientes almacenados en el cuerpo del animal, y la partición de los nutrientes para las diversas funciones fisiológicas, incluyendo la reproducción.

Para establecer los requerimientos nutricionales del animal, mucho se ha avanzado en el conocimiento de las rutas de distribución de los nutrientes consumidos. Sobre el aprovechamiento y distribución de los nutrientes consumidos por los rumiantes, Short y Adams (1988) propusieron tres principios básicos para entender la interrelación que se establece entre el alimento consumido, las reservas corporales y las funciones fisiológicas. El primer postulado se refiere a la habilidad que tiene el rumiante de convertir el forraje de mala calidad en diversos productos útiles y de buena calidad (carne, grasa, leche, lana, pelo, piel); el segundo postulado está relacionado con el exceso de nutrientes consumidos. En relación con esto, los nutrientes ingeridos se almacenan y se utilizan posteriormente para mantener la producción durante algún tiempo en presencia de restricción alimenticia; en tanto que en el tercer postulado se establece que los nutrientes del alimento y/o las reservas corporales son utilizados prioritariamente para preservar la vida de la madre y propagar la especie.

Las reservas corporales, consideradas como la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo del animal, son la principal fuente de energía corporal y pueden constituir hasta el 50% del peso vivo (Short *et al.*, 1990; Fox *et al.*, 1992), aunque los valores normales de grasa corporal se ubican entre 10 y 40% del peso vivo del animal (Wagner *et al.*, 1988a). En este

sentido, Short *et al.* (1990) enlistaron nueve funciones que la vaca productora de carne realiza en orden de prioridad: 1) metabolismo basal; 2) movimiento; 3) crecimiento; 4) reservas básicas; 5) gestación; 6) lactancia; 7) reservas adicionales; 8) iniciación de la preñez; y 9) reservas estratégicas. Cada una de estas funciones tendrá mayor o menor grado de prioridad según el estado fisiológico del animal. En relación con lo anterior, el ciclo estral y la preñez son poco prioritarias entre las funciones que realiza la hembra y el papel que juegan las reservas corporales es relevante para el reinicio del estro después del parto. Por ello, la cantidad de energía disponible en el alimento (energía metabolizable) y/o la energía almacenada en el cuerpo del animal en forma de grasa (reservas corporales) han sido comúnmente utilizados para analizar los efectos de la nutrición sobre la reproducción (Wiltbank *et al.*, 1962; Lamond, 1970; Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards *et al.*, 1986; Herd y Sprott, 1989; Dunn y Moss, 1992).

Con el propósito de analizar los efectos del consumo de nutrientes sobre el comportamiento reproductivo, en varios experimentos se han comparado diferentes niveles de consumo de alimento (Ahmed *et al.*, 1955; Leaver, 1977; Holness *et al.*, 1978; Rutter y Randel, 1984; Selk *et al.*, 1988; Richards *et al.*, 1989a), dietas con diferente contenido de energía (Wiltbank *et al.*, 1962; Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards *et al.*, 1986; Short y Adams, 1988; Rasby *et al.*, 1991), diferentes niveles de nutrientes digestibles totales (Wiltbank *et al.*, 1964; Bellows y Short, 1978), diferentes niveles de consumo de proteína (Forero *et al.*, 1980; Rakestraw *et al.*, 1986; Sasser *et al.*, 1989), minerales (Little, 1975; van Niekerk y Jacobs, 1985; Read *et al.*, 1986) y vitaminas (Chew *et al.*, 1984; Hurley y Doane, 1989; Hoffman, 1990).

#### 2.3.2.1. Consumo de energía preparto

La energía contenida en la dieta ha sido el principal factor que se ha utilizado para analizar el efecto de la nutrición sobre la reproducción, ya que se ha encontrado que el nivel de energía metabolizable en la dieta durante el

último tercio de la gestación tiene gran influencia sobre el comportamiento reproductivo del ganado productor de carne (Wiltbank *et al.*, 1962; Dunn *et al.*, 1969; Holness *et al.*, 1978; Richards *et al.*, 1986). Las restricciones en el consumo de energía durante la última fase de la gestación pueden causar que las vacas lleguen al parto en condición corporal pobre, incrementar el número de días del parto al primer estro, y disminuir la probabilidad de que un alto porcentaje de vacas exhiban el estro en los primeros días del periodo de empadre (Dziuk y Bellows, 1983). En el Cuadro 3 se muestran los niveles de nutrientes ofrecidos en dietas preparto por algunos investigadores.

Los trabajos de Wiltbank *et al.* (1962) indican que las vacas Hereford, alimentadas con una dieta baja en energía, con 2.04 kg de NDT/animal/día (equivalente a 7.37 Mcal de EM) durante la última fase de la gestación, retrasaron más la llegada del estro postparto, comparadas con las vacas que consumieron una dieta alta en energía, con 4.08 kg de NDT/animal/día (equivalente a 14.73 Mcal EM). Resultados similares en vacas adultas Hereford y vaquillas Angus fueron reportados por Dunn *et al.* (1969), quienes encontraron que el porcentaje de vacas que mostraron estro a los 60 días postparto fue mayor para el grupo que recibió una dieta alta en energía, con 17.3 Mcal de ED/animal/día (equivalente a 14.19 Mcal de EM) antes del parto, en comparación con las vacas que consumieron una dieta baja en energía, con 8.7 Mcal de ED/animal/día (equivalente a 7.14 Mcal de EM) durante la última fase de la gestación. Bellows y Short (1978) presentaron resultados de dos experimentos realizados con vaquillas cruzadas de Angus x Hereford y Hereford x Angus, en los cuales se analizó el efecto del consumo de dos alimentos, uno bajo en nutrientes digestibles totales, con 3.4 kg de NDT/animal/día (equivalente a 12.27 Mcal de EM) y otro alto, con 6.4 kg de NDT/animal/día (equivalente a 23.10 Mcal de EM) durante los últimos 90 días de gestación, sobre la subsecuente fertilidad de las vacas. Bellows y Short (1978) encontraron que el intervalo postparto fue más corto en las vacas que recibieron niveles de nutrición altos antes del parto; además, el porcentaje

**Cuadro 3. Niveles de energía en la dieta preparto ofrecidas en investigaciones previas**

| Autor(es)              | Genotipo de la vaca <sup>1</sup> | Nutriente <sup>2</sup> | Nivel de nutrición preparto |          |       | Periodo (d) | Peso vivo (kg) | n   |
|------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|----------|-------|-------------|----------------|-----|
|                        |                                  |                        | Bajo                        | Moderado | Alto  |             |                |     |
| Wiltbank et al. (1962) | H                                | EM(Mcal/d)             | 7.37                        | 14.73    | -     | NE          | 440.505        | 88  |
| Dunn et al. (1969)     | A,H                              | EM(Mcal/d)             | 7.14                        | 14.19    | -     | 142         | NE             | 200 |
| Bellows y Short (1978) | AxH, HxA                         | EM(Mcal/d)             | 12.27                       | -        | 23.10 | 90          | 326            | 62  |
| Gombe y Hansel, 1973   | F                                | EM(Mcal/d)             | 11.22                       | 18.10    | -     | NE          | 320-442        | 6   |
| Apgar et al. (1975)    | F                                | EM(%)                  | 60                          | 100      | -     | NE          | 400            | 10  |
| Beal et al. (1978)     | JxH                              | EN(Mcal/d)             | 6.8                         | 10.6     | -     | NE          | 354            | 20  |
| Corah et al. (1975)    | H                                | EM(Mcal/d)             | 6.89                        | -        | 16.07 | 100         | 450            | NE  |
| Russel et al. (1979)   | HxF, ShxG                        | EM(Mcal/d)             | 8.20                        | 10.59    | 17.21 | 84          | 500            | 115 |
| Imakawa et al. (1983)  | AxH                              | EM(Mcal/d)             | 6.8                         | 12.7     | 19.2  | 150         | 250-320        | 50  |
| Doornbos et al. (1984) | HxA, HxCh, AxCh                  | EM(%)                  |                             | 100      | 135   | 60          | 418-487        | 127 |
| Ruter y Randel (1984)  | BxA                              | EM(%)                  | 90                          | 100      | 110   | 62          | 450            | 30  |
| Ducker et al. (1985)   | F                                | EM(Mcal/d)             | -                           | 15.44    | 19.20 | 70          | NE             | 100 |
| Henricks et al. (1986) | H                                | EM(Mcal/d)             | 11.81                       | -        | 22.70 | 90          | NE             | NE  |
| Richards et al. (1986) | A                                | EM(Mcal/d)             | 14.7                        | 20.7     | 25.8  | 90          | NE             | 355 |
| Hough et al. (1990)    | A                                | EM(Mal/d)              | 11.7                        | 20.6     | -     | 90          | 591-608        | 26  |
| Houghton et al. (1990) | ChxA                             | EN(Mcal/d)             | 7.4                         | 10.6     | 16.9  | 90          | NE             | 128 |
| Perry et al. (1991)    | HxF                              | EM(%)                  | 70                          | -        | 150   | 110         | 385            | 28  |

<sup>1</sup>H = Hereford; A = Angus; F = Friesian; J = Jersey; B = Brahman; G = Galloway; Sh = Shorthorn; Ch = Charolais.

<sup>2</sup>EM = energía metabolizable; EN = energía neta para mantenimiento;

<sup>n</sup> número de animales utilizados en cada experimento: NE = no especificado).

de vacas que mostraron estro antes de la época de empadre también fue menor cuando se ofreció una dieta restringida en nutrientes. Houghton *et al.* (1990c) también reportaron un efecto detrimental del nivel bajo de energía consumida antes del parto, sobre la subsecuente reproducción en vacas cruzadas de Charolais x Angus aunque hubo interacción con el nivel de alimentación postparto. La combinación entre el nivel bajo de consumo de energía (7.4 Mcal de ENm/animal/día) antes del parto y el nivel alto de consumo de energía (16.9 Mcal de ENm/animal/día) después del parto, incrementó el porcentaje de vacas que exhibieron estro durante los primeros 60 días postparto. La combinación entre el alimento bajo en energía antes y después del parto dio como resultado un porcentaje menor de vacas que mostraron estro a los 60 días postparto, en comparación con los demás tratamientos.

El intervalo de tiempo transcurrido entre el parto y la siguiente concepción, así como la tasa de preñez también son afectados por el nivel de nutrientes consumidos por la vaca durante el último tercio de la gestación. Ducker *et al.* (1985) reportaron que el intervalo parto-concepción fue 20 días menor en vaquillas que recibieron 20 Mcal de EM/animal/día) en comparación con las vaquillas que recibieran solamente 15 Mcal de EM/animal/día (75 vs 95 d respectivamente). En este mismo reporte, la tasa de preñez se redujo severamente en el grupo de vacas subalimentadas (35 vs 72%, para bajo y alto consumo diario de energía, respectivamente). Dunn *et al.* (1969) mostraron efectos similares del plano bajo de alimentación preparto sobre la tasa de preñez postparto en vaquillas Hereford y Angus. Asimismo, Bellows y Short (1978) encontraron efectos no benéficos del nivel bajo de alimentación preparto cuando se redujo el porcentaje de manifestaciones de estro durante la época de empadre lo cual resultó en una disminución posterior de la tasa de preñez. Resultados similares de los efectos de la nutrición preparto sobre los intervalos postparto, han sido reportados recientemente por Ducker *et al.* (1985) en



vaquillas Holstein, por Henricks *et al.* (1986) en vaquillas Hereford, y por Selk *et al.* (1988) en vacas Hereford. En esos estudios el porcentaje de vacas gestantes después del periodo de empadre fue menor cuando éstos recibieron alimentación restringida que cuando consumieron una dieta adecuada o sobrada en energía.

Al parecer, el nivel de consumo de nutrientes durante la última fase de la gestación determina la cantidad de reservas corporales disponibles al parto las cuales podrán ser utilizadas para la producción de leche y el retorno de la actividad ovárica después del parto. Un consumo bajo de energía preparto, retarda la llegada del primer estro después del parto y disminuye la proporción de vacas que presentan estros durante el periodo de empadre, con lo cual se reduce la tasa de preñez.

#### 2.3.2.2. Consumo de energía postparto

El nivel de alimentación posterior al parto ha sido también señalado como un factor que afecta la fertilidad postparto de la hembra. Los trabajos de Wiltbank *et al.* (1962; 1964) aportan elementos para fundamentar la importancia de alimentar adecuadamente a la vaca después del parto, especialmente durante el primer tercio de la lactancia, con el propósito de incrementar la fertilidad y disminuir el periodo del anestro postparto. Wiltbank *et al.* (1964) observaron que el intervalo del parto al primer estro fue más largo y el porcentaje de vacas que mostraron estro a los 60 días postparto fue menor en vacas Hereford, las cuales consumieron una dieta con 5.6 kg de NDT/animal/día (equivalente a 20.22 Mcal de EM), en comparación con grupos de vacas que fueron alimentadas con 7.5 kg de NDT/animal/d (equivalente a 27.07 Mcal de EM) y/o elevado consumo de nutrientes en una dieta con 11.3 kg de NDT/animal/d (equivalente a 40.79 Mcal de EM); además el intervalo del parto a la concepción, la tasa de concepción al primer servicio y la tasa de preñez mejoraron grandemente con una alimentación postparto adecuada.



No obstante lo antes expuesto, Wiltbank *et al.* (1964) reportaron que tanto las vacas que recibieron dietas bajas en energía, como las vacas alimentadas con dietas altas en energía mostraron retrasos en la concepción y baja tasa de preñez durante el periodo de empadre. Al parecer, un exceso en el consumo de energía postparto, al igual que el consumo restringido de nutrientes, afectan negativamente el comportamiento reproductivo de las vacas (Wiltbank, 1970). Otros investigadores también han concluido que un exceso de energía en la dieta en determinadas condiciones, al igual que un plano bajo de alimentación después del parto, alargan el periodo de anestro postparto y contribuyen a disminuir la fertilidad de las vacas (Holness *et al.*, 1978; Carstairs *et al.*, 1980; Richards *et al.*, 1986). Sin embargo, por la importancia del factor nutrición en el ganado productor de carne, la mayoría de los estudios se han abocado a estudiar los efectos del nivel bajo de alimentación postparto sobre las variables que miden el comportamiento reproductivo postparto de la hembra. Así, Holness *et al.* (1978) analizando datos de vacas productoras de carne de dos razas africanas, encontraron que el intervalo postparto fue mayor en vacas subalimentadas que en vacas sobrealimentadas. Posteriormente, otros resultados han confirmado la tendencia de que un plano bajo en el consumo de energía posterior al parto retrasa la llegada del primer estro y la primera ovulación postparto (Cantrell *et al.*, 1982; Moore y Campos, 1983; Short y Adams, 1988; Laflamme y Connor, 1992).

La tasa de preñez se reduce cuando la dieta es baja en energía. Este supuesto fue probado por Dunn *et al.* (1969) quienes encontraron que, en un plan de alimentación con niveles bajos de energía postparto, una proporción menor de vacas Hereford y Angus quedaron preñadas durante la época de empadre. Dunn *et al.* (1969) atribuyeron este hecho a que el nivel de energía ofrecido después del parto retrasó la manifestación de estros al inicio de la época de empadre, lo cual condujo a que a los 80 días postparto sólo 33% de las vacas subalimentadas concibieron, mientras que 54% de las vacas

bien alimentadas quedaron gestantes. Otros experimentos han confirmado los resultados arriba expuestos (Baishya *et al.*, 1982; Richards *et al.*, 1986; Houghton *et al.*, 1990c), y coinciden en que si las vacas que llegan al parto en condición corporal pobre son alimentadas con una dieta baja en energía durante el primer tercio de la lactancia, retardan la llegada del primer estro y se reduce la tasa de la preñez al finalizar la época de empadre.

Asimismo, Holloway *et al.* (1975), Davis *et al.* (1977) y Dunn y Kaltenbach (1980) concluyen que si se incrementa el consumo de energía y la ganancia de peso después del parto, es posible que las vacas que llegaron flacas al parto logren tener intervalos postparto y tasas de preñez aceptables. Sin embargo, los experimentos de Wiltbank *et al.* (1964) demuestran que tanto la alimentación deficiente como excesiva (50 y 150% de la energía requerida para mantenimiento) son perjudiciales sobre la fertilidad postparto. De cualquier modo, es conveniente reconocer el papel de la nutrición preparto y la condición corporal de la vaca después del parto, en la predicción del posible comportamiento en la subsecuente concepción.

Aunque existe un consenso generalizado entre los investigadores, de los efectos dramáticos de la nutrición preparto y postparto sobre la fertilidad del ganado, varios son los trabajos en los que se ha reportado no haber encontrado diferencias entre los distintos niveles de energía ofrecidos como respuesta sobre el intervalo del parto al primer estro (Corah *et al.*, 1975; Moore y Campos, 1983; Doornbos *et al.*, 1984; Ducker y Morant, 1984), intervalo del parto a la concepción (Oxenreider y Wagner, 1971; Carstairs *et al.*, 1980; Moore y Campos, 1983; Selk *et al.*, 1988; Hough *et al.*, 1990) y la tasa de preñez (Leaver, 1977; Ducker y Morant, 1984; Patterson *et al.*, 1989).

### 2.3.3. Condición corporal y reproducción

El porcentaje de grasa corporal en el ganado productor de carne (y leche) es importante para determinar su comportamiento reproductivo y la

productividad total (Herd y Sprott, 1986; Short *et al.*, 1990). Varios investigadores se han dado la tarea de encontrar la manera de medir la cantidad de energía metabolizable almacenada en el cuerpo del animal en forma de grasa y músculo; es decir, estimar el grado de reservas corporales presentes en el animal (Russel *et al.*, 1969; Thompson *et al.*, 1983; Wright y Russel, 1984a; Wright y Russel, 1984b; Nelsen *et al.*, 1985; Wagner *et al.*, 1988a; Fox *et al.*, 1992). Debido a que la condición corporal es un reflejo del estado nutricional de un animal, el uso de un sistema estandarizado para evaluar la condición corporal ha resultado un método eficaz para estimar la cantidad de reservas corporales almacenadas en el cuerpo del animal vivo (Wright y Russell, 1984b; Herd y Sprott, 1986; Wagner *et al.*, 1988a; Edmonson *et al.*, 1989).

#### 2.3.3.1. Efecto de la condición corporal sobre el anestro postparto

Se ha observado que las vacas que pierden peso y condición corporal durante el último tercio de la gestación han incrementado el intervalo del parto al primer estro (Dunn y Kaltenbach, 1980; Selk *et al.*, 1988). Sin embargo, Richards *et al.* (1989a) incrementaron la condición corporal a niveles superiores de 7 (escala de 1 a 9) pero el comportamiento reproductivo postparto de las vacas Hereford no se mejoró. No obstante, Dunn *et al.* (1969) encontraron que el retorno al primer estro postparto en vacas Hereford y Angus se retrasó cuando los animales fueron alimentados con una dieta de baja energía preparto y parieron con una condición corporal pobre. Ese efecto también fue señalado por Lamond (1970) quien, en un trabajo de revisión, reportó que las vacas de primer parto que tienen su becerro al pie mostraron periodos de anestro postparto mayores; además, las vacas tuvieron menor tasa de preñez cuando llegaron al parto con condición corporal pobre. Bartle *et al.* (1984) observaron que las vacas Hereford y Hereford x Angus que remueven grasa corporal en exceso durante la última fase de la gestación tuvieron intervalos de anestro

postparto más largos y menor tasa de preñez durante el periodo del empadre.

En un experimento con vaquillas Holstein, Ducker *et al.* (1985) encontraron que cuando hubo un incremento en la condición corporal durante el último tercio de la gestación, el intervalo del parto a la primera ovulación fue menor, mientras que las vaquillas que perdieron peso y condición corporal antes del parto exhibieron el primer estro postparto más tarde; asimismo, la tasa de concepción también fue marcadamente afectada por los cambios de la condición corporal preparto.

Richards *et al.* (1986) reportaron que las vacas Angus que llegaron al parto con condición corporal inadecuada ( $\leq 4$ ), tardaron más en manifestar el estro postparto y requirieron más días para quedar gestantes nuevamente. En el reporte de Hough *et al.* (1990), los intervalos reproductivos fueron más largos cuando las vacas Angus llegaron al parto con una condición corporal pobre. El alargamiento del intervalo postparto también fue asociado por Patterson *et al.* (1992) con una baja condición corporal al parto en vaquillas de primer parto de las cruzas Angus x Hereford y Brahman x Hereford. Los cambios de condición corporal previos al parto también tuvieron gran influencia sobre la tasa de preñez en vacas Hereford (Selk *et al.*, 1988).

En los reportes de Wiltbank *et al.* (1962) y Steenkamp *et al.* (1975) ha quedado anotado el papel que tiene el plano de nutrición postparto y la condición corporal de la vaca después del parto como factores que influyen sobre la subsecuente concepción. Los resultados obtenidos por Rutter y Randel (1984), confirman que, independientemente del plan de alimentación preparto, las vacas y vaquillas de las cruzas Angus x Brahman que perdieron peso y condición corporal durante los primeros 30 días después del parto mostraron intervalos del parto al primer estro más largos que las vacas que

mantuvieron buena condición corporal en el mismo periodo (60 vs 32 días de IPP, respectivamente). Resultados similares fueron encontrados por Richards *et al.* (1986), quienes reportaron diferencias entre la longitud del intervalo de anestro postparto, en vacas Angus con condición corporal pobre y moderada. Estos mismos investigadores reportaron que el intervalo del parto a la concepción fue mayor en vacas flacas que en vacas moderadamente gordas. Esto implica que la condición corporal tiene influencias sobre el anestro postparto, tanto en su duración como en su efectividad.

Asimismo, cambios dramáticos del peso vivo y condición corporal después del parto pueden afectar la tasa de preñez en vacas productoras de carne (Rakestraw *et al.*, 1986). Sin embargo, las vacas moderadamente gordas que tuvieron un periodo de restricción en el consumo de energía antes o después del parto, fueron poco afectadas en sus tasas de preñez. Contrariamente, las vacas flacas que permanecieron flacas hasta el parto, mostraron menor tasa de preñez, mientras que las vacas de pobre condición corporal, que recibieron una dieta alta en energía durante un tiempo después del parto, pueden incrementar la fertilidad y la tasa de preñez (Selk *et al.*, 1988).

Debido a que tanto el nivel de nutrición como la condición corporal tienen el mayor impacto sobre el anestro postparto y la fertilidad potencial en el ganado productor de carne (Lamond, 1970; Lishman *et al.*, 1979; Dunn y Kaltenbach, 1980; Herd y Sprott, 1986; Richards *et al.*, 1986), es conveniente que en las explotaciones ganaderas se lleven registros de los cambios de la condición corporal y el peso vivo de los animales, con el propósito de monitorear el estado nutricional de las hembras y predecir la fertilidad postparto.



No obstante que existe consenso sobre los efectos negativos de una condición corporal pobre sobre la fertilidad postparto, algunos estudios han reportado no haber encontrado diferencias por efecto de la condición corporal al parto sobre el intervalo del parto al primer estro (Corah *et al.*, 1975; Houghton *et al.*, 1990a), el porcentaje de vacas mostrando estros a los 60 días postparto (Richards *et al.*, 1986), la tasa de concepción al primer servicio (Leaver, 1977; Richards *et al.*, 1986) y la tasa de preñez al final del periodo de empadre (Ducker y Morant, 1984; Osoro y Wright, 1992).

#### 2.3.3.2. Rango óptimo de condición corporal

El criterio de manejo de mayor importancia, hoy día, está en la habilidad del ganadero para mantener a las vacas en una correcta condición corporal y poder así obtener la máxima fertilidad.

Algunos investigadores han buscado un rango de condición corporal óptimo recomendado para que el animal exprese la máxima eficiencia reproductiva. La idea de encontrar un "punto óptimo" en la condición corporal de las vaquillas y vacas fue propuesta inicialmente por Lamond (1970). Whitman (1975) sugirió que la condición corporal óptima debe estar en un rango que permita a un número mayor de vacas retornar al estro durante los primeros 60 días después del parto, sin importar los cambios de peso vivo antes y después del parto. Dziuk y Bellows (1983) propusieron como mínimo para alcanzar buena fertilidad postparto, una condición corporal al parto  $> 5$  (escala de 1 a 9). Richards *et al.* (1986) también sostienen el concepto de que el punto óptimo de condición corporal al parto sea mayor o igual a 5. Herd y Sprott (1986) y Short *et al.* (1990) sugieren que el óptimo en condición corporal al parto para las vacas productoras de carne debe estar ubicado entre 5 y 7 (escala de 9 o 10 puntos), para lo cual suponen que una condición corporal al parto mayor no es necesaria debido a que un animal con condición corporal entre 5 y 7 tiene ya cubiertos sus requerimientos para el desarrollo óptimo de sus funciones. Por otro lado,



una condición corporal al parto menor a 5 podrá disminuir la fertilidad posterior de la vaca, a no ser que exista alta disponibilidad de nutrientes en la dieta después del parto.

No obstante, en condiciones de alimentación restringida, las vacas que llegan flacas al parto utilizan más eficientemente el poco alimento que pueden consumir, contrarrestando así el efecto del bajo consumo de nutrientes sobre la actividad ovárica postparto (Wagner *et al.*, 1988b). Al parecer, los ciclos estrales se reinician después del parto, cuando las vacas tienen una condición corporal cercana a 4 (Rasby *et al.*, 1991), ya que Richards *et al.* (1989a) encontraron que el anestro se presentó cuando la condición corporal de las vacas fue 3.5 o menor (escala de 1 a 9).

Con base en lo anteriormente expuesto, es posible concluir que:

a) los cambios en el consumo de nutrientes preparto tienen como resultado una alteración en la condición corporal al parto, lo cual ejerce influencias sobre el comportamiento reproductivo de las vacas productoras de carne, especialmente sobre el intervalo de anestro postparto y sobre la tasa de preñez. La condición corporal al parto y la condición corporal al inicio de empadre, así como, la duración de la época de empadre, son factores que determinan la subsecuente tasa de preñez;

b) Los efectos de la condición corporal al parto sobre el intervalo postparto no tienen un comportamiento lineal. La reducción de la fertilidad se manifiesta en vacas que llegan al parto con pobre condición corporal ( $\leq 4$ ) pero una condición corporal al parto superior a 7 (escala de 1 a 9) tiene también poco efecto benéfico sobre la fertilidad de las vacas. Dependiendo del genotipo, el nivel de producción de leche, del sistema de amamantamiento y del manejo del pie de cría previo al periodo de empadre,

los ciclos estrales podrán ser reiniciados en el mayor número de vacas y vaquillas si la condición corporal es mayor o igual que 4 (escala de 1-9);

c) Los cambios de condición corporal pre- y postparto, asociados a los cambios en el peso vivo, son indicadores útiles para determinar la magnitud de las reservas corporales presentes, cualquiera que sea el estado fisiológico del animal.

d) Es deseable mantener un “rango óptimo” de la condición corporal al parto, que fluctúa entre 5 y 7 (escala de 1 a 9) y al inicio de la época de empadre (4 o más) para asegurar un comportamiento reproductivo adecuado en el ganado productor de carne. Si se tiene una buena condición corporal al parto ( $> 4$ ), y adecuadas reservas corporales al inicio de la época de empadre, es posible garantizar el retorno temprano del estro postparto y lograr la mayor tasa de preñez, independientemente de los cambios de peso vivo y condición corporal después del parto.

#### 2.3.4. Regulación neuroendócrina

La función principal de la actividad ovárica es producir folículos, estrógenos y óvulos. Los mecanismos que controlan la foliculogénesis, esteroidogénesis y la ovulación están regulados por varias hormonas secretadas a nivel de hipotálamo (GnRH), hipófisis (LH, FSH), ovario ( $E_2$ ,  $P_4$ ), útero (Lactógeno placentario,  $P_4$ ), y el proceso global es gobernado por el sistema neurohormonal.

##### 2.3.4.1. Función del hipotálamo y la hipófisis

Varios estudios han sugerido que el sistema nervioso central es el responsable de controlar las secreciones de las hormonas gonadotrópicas, las cuales son sintetizadas y liberadas en la hipófisis a través de una sustancia producida en el lóbulo anterior del hipotálamo denominada hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH; Dunn *et al.*, 1974; Dunn y

Kaltenbach, 1980; Whisnant *et al.*, 1985; Short y Adams, 1988; Short *et al.*, 1990). En condiciones normales, el GnRH es capaz de provocar la síntesis y secreción en la hipófisis de dos hormonas fundamentales en el proceso reproductivo de los animales domésticos: la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). Anteriormente se creía que la FSH era la hormona responsable del desarrollo y maduración folicular y de la esteroigénesis, y que la LH participaba en la ovulación y formación del cuerpo lúteo. Hoy se sabe que la función principal de la hormona FSH consiste en el desarrollo folicular y que la presencia circulante de LH junto con FSH es fundamental para la producción de estrógenos.

Se ha establecido que la FSH y LH estimulan el desarrollo folicular y la producción de estrógenos. Asimismo, cuando se incrementa el nivel de estrógeno sanguíneo ocurre un proceso de retroacción a nivel hipófisis que inhibe la secreción de FSH, pero activa la liberación de mayores cantidades de LH. Sin embargo, cantidades excesivas de progesterona y/o  $17\beta$ -Estradiol en la sangre, como ocurre durante la fase luteal, pueden agotar la liberación tanto de FSH como de LH y, por consecuencia, provocar un estado general de anestro e impedir la ovulación (Moss *et al.*, 1985; Jaeger *et al.*, 1987). En condiciones de secreción normal, el proceso de retroacción (retroalimentación negativa o positiva) de los esteroides y las gonadotropinas se da a través de receptores sensibles a nivel del hipotálamo y la hipófisis en el mismo lugar donde se producen los denominados factores de liberación (GnRH), los cuales estimulan la secreción de LH y FSH iniciándose así un nuevo ciclo en el circuito hipotálamo-hipófisis-gonadal (Williams, 1990). Con el descubrimiento de las hormonas de liberación (GnRH), los investigadores han dado mayor importancia al sistema hipotalámico-hipofisiario, estudiando los mecanismos de retroacción de FSH y LH con el hipotálamo (vía lazo corto) y con el ovario (vía lazo largo). El complejo gonadotrópico producido por la adenohipófisis, bajo la influencia de la GnRH, activa el ovario controlando sus funciones de

producción de folículos y esteroides. Los esteroides producidos en el ovario actúan sobre el hipotálamo y, por retroacción, regulan la liberación de GnRH (Short y Adams, 1988).

#### 2.3.4.2. Mecanismos neuroendócrinos y régimen nutricional

Los mecanismos endócrinos asociados con la disminución de la fertilidad han sido motivo de varias investigaciones en hembras (Apgar *et al.*, 1975; Staigmiller *et al.*, 1979; Humphrey *et al.*, 1983; Imakawa *et al.*, 1986; Armstrong y Britt, 1987; Rasby *et al.*, 1990) y machos (Alkass *et al.*, 1982; Coulter y Kozub, 1984; Martín *et al.*, 1987; Murray *et al.*, 1990; Nolan *et al.*, 1990; Brown, 1994). Especial énfasis se ha puesto en el estudio de los mecanismos fisiológicos que regulan la pubertad y el retorno postparto de la actividad ovárica (González-Padilla *et al.*, 1975) anestro nutricionalmente inducido (Randel, 1990), anestro postparto (Short *et al.*, 1990), anestro por lactancia (Williams, 1990) y anestro estacional (Karsch *et al.*, 1984).

Aunque no son bien conocidos los mecanismos por los cuales la desnutrición afecta a la función reproductiva (Whisnant *et al.*, 1985; Richards *et al.*, 1989a; Nolan *et al.*, 1990; Rasby *et al.*, 1991), varios investigadores han reconocido que este proceso está mediado, en parte, por la acción del hipotálamo y la hipófisis (Dunn y Moss, 1992; Brown, 1994). Muchos de esos estudios avalan la hipótesis de que la mal nutrición asociada con una condición corporal pobre en hembras del ganado bovino, alargan el periodo de anestro postparto a través de la alteración en el funcionamiento del circuito hipotálamo-hipófisis-gonadal, y que la secreción de hormonas puede estar modulada por el régimen nutricional.

Se ha encontrado que las restricciones en el consumo de alimento pueden producir efectos directos sobre el ovario (Staigmiller *et al.*, 1979; Imakawa *et al.*, 1983; Rasby *et al.*, 1991) y en los testículos (Alkass *et al.*, 1982; Coulter y Kozub, 1984), o indirectos en ambas gónadas, a través del control en la liberación de GnRH en el hipotálamo y de gonadotropinas en la

hipófisis (Beal *et al.*, 1978; Whisnant *et al.*, 1985; Imakawa *et al.*, 1986; Armstrong y Britt, 1987; Wright *et al.*, 1987; Martín *et al.*, 1989; Williams, 1990; Rasby *et al.*, 1991).

Los mecanismos fisiológicos por los cuales los animales que pierden condición corporal o mantienen una condición corporal baja después del parto retrasan el retorno del primer estro postparto, parecen estar dados a nivel del hipotálamo e hipófisis, a través de la reducción en la secreción de LH. Las vacas flacas después del parto tienen menor concentración de LH en el suero sanguíneo que las vacas moderadamente gordas (Rasby *et al.*, 1991). Contrariamente, las vacas flacas que fueron bien alimentadas durante el último tercio de la gestación, las cuales ganaron peso y condición corporal en el periodo preparto, incrementaron la concentración de LH en el suero sanguíneo (Short y Adams, 1988) e incrementaron también la respuesta a la liberación de LH por el suministro exógeno de GnRH durante el intervalo postparto (Imakawa *et al.*, 1987).

El anestro nutricionalmente inducido ha sido caracterizado por la supresión en la liberación de LH (Beal *et al.*, 1978; Armstrong y Britt, 1987; Imakawa *et al.*, 1987; Randel 1990; Short *et al.*, 1990) y una restricción crónica de alimento puede suprimir totalmente la frecuencia de impulsos liberadores de LH (Richards *et al.*, 1989a). La baja frecuencia de liberación de LH en animales restringidos en su alimentación no es debido a la disminución en la respuesta de la hipófisis a GnRH. Esto es posible de comprobar debido a que la concentración de LH en el plasma se ha incrementado en vacas desnutridas, inmediatamente después de una aplicación exógena de GnRH (Whisnant *et al.*, 1985; Armstrong y Britt, 1987). La respuesta a la aplicación exógena de GnRH ha sido contundente, ya que las hembras restringidas en su alimentación responden sensiblemente a la aplicación inyectada de GnRH, incrementando notablemente la concentración de LH en plasma (Beal *et al.*, 1978; Wright *et al.*, 1987;

Richards *et al.*, 1989a; Rasby *et al.*, 1991). Aparentemente, el efecto prolongado de la falta de nutrientes en la dieta de un animal, bloquea la síntesis y/o la liberación de GnRH, por lo que la LH no puede ser liberada en cantidades suficientes, o tal vez la frecuencia de “pulsos” de LH no es suficiente para reactivar el desarrollo folicular en vacas con anestro nutricional (Rasby *et al.*, 1991). Sin embargo, las aplicaciones sucesivas de GnRH por vía externa no han causado mayor respuesta sobre la liberación de LH por la hipófisis (Beal *et al.*, 1978). Es probable que con aplicaciones prolongadas de GnRH por vía exógena se pueda disminuir gradualmente la respuesta de la hipófisis o bien puede existir una reducción de la LH almacenada en la hipófisis (Imakawa *et al.*, 1986).

Se ha observado que aumentando el consumo de nutrientes se incrementa la concentración y frecuencia de pulsos liberadores de LH en hembras intactas, progresando así de un estado de anestro al resurgimiento del ciclo estral; al respecto, Imakawa *et al.* (1983) reportaron que el incremento en el consumo de alimento permitió la inducción del ciclo estral en vaquillas con anestro nutricional y que la llegada de la actividad ovárica fue precedida por el incremento en la frecuencia pulsátil de LH. Ellos previeron que para cambiar la frecuencia de los impulsos liberadores de LH fue necesario primero alterar los pulsos generadores de GnRH que actúan a nivel hipotálamo. También, Armstrong y Britt (1987) encontraron que la respuesta a la estimulación exógena del ovario en cerdas, se manifestó entre 3 y 5 días después de la aplicación de GnRH, lo cual reafirma la hipótesis de que el primer efecto del consumo restringido de nutrientes se da a nivel hipotálamo. La privación de nutrientes en la dieta puede disminuir las frecuencias de pulsaciones por iniciativa de la actividad del hipotálamo mas que por alteraciones en la función de la hipófisis (Imakawa *et al.*, 1987). Si la condición corporal de la hembra influye la actividad del hipotálamo y la liberación de la GnRH, o si actúa sobre la hipófisis a través del proceso de



retroacción con los esteroides el complejo hipotálamo-hipófisis de cualquier manera afecta la actividad ovárica.

#### 2.3.4.3. Función del ovario y los estrógenos

Aunque ha predominado el enfoque de que los mecanismos que afectan la actividad ovárica por causas nutricionales (y por amamantamiento) están dados a través de los órganos endócrinos que participan en la producción y liberación de gonadotropinas, varios estudios han puesto énfasis en los sitios de producción de estrógenos para tratar de explicar el anestro nutricionalmente inducido. En un experimento conducido por Gombe y Hansel (1973), en el cual se utilizaron vaquillas Holstein alimentadas con una dieta de baja energía (62% de los requerimientos de EM recomendados por NRC, 1962) se reportaron niveles bajos de progesterona en sangre, mientras que las vacas que recibieron una dieta adecuada en energía metabolizable (100% de EM) conservaron niveles más altos de progesterona. Gombe y Hansel (1973) sugirieron que un bajo nivel en la producción de progesterona en las células basales del cuerpo lúteo, de vacas subalimentadas durante un largo periodo, redujo el proceso de retroalimentación negativa e inhibió la secreción de los factores de GnRH y LH en la hipófisis, retrasando así la llegada de un nuevo estro. Posteriormente, Beal *et al.* (1978) reportaron resultados similares en vacas Jersey x Hereford que recibieron alimentación restringida, por lo cual propusieron que el consumo limitado de energía en la dieta disminuye la respuesta del cuerpo lúteo al estímulo de LH sobre la síntesis y liberación de progesterona. Asimismo, el efecto de retroalimentación negativa que ejerce la progesterona sobre la secreción de LH también decrece y el nivel en sangre de LH aumenta inversamente a través de los efectos de la desnutrición sobre el ovario. En algunos de estos experimentos (Gombe y Hansel, 1973; Apgar *et al.*, 1975) el tamaño del cuerpo lúteo fue menor en vacas subalimentadas que en vacas que recibieron cantidades adecuadas de alimento, aunque la producción de progesterona por unidad de peso del

cuerpo lúteo fue mayor en los grupos de vacas subnutridas. La reducción en el peso del cuerpo lúteo pudo haber sido resultado de una disminución gradual en la respuesta del cuerpo lúteo a la concentración de LH en plasma o bien debido a la incapacidad del ovario para desarrollar el cuerpo lúteo. Apgar *et al.* (1975) sugirieron que el ovario, antes que el hipotálamo y la hipófisis, es mayormente afectado por el consumo restringido de nutrientes.

Otros estudios han reportado que el consumo restringido de energía en la dieta disminuyó el contenido del cuerpo lúteo y la concentración periférica de progesterona en plasma, y sugirieron que los cambios en la concentración de hormonas en animales mal alimentados afectan la fertilidad postparto de las hembras del ganado bovino por alteración de su función endocrina (Beal *et al.*, 1978; Staigmiller *et al.*, 1979; Imakawa *et al.*, 1983). Sin embargo, esos mismos trabajos reportaron incrementos mayores en la concentración de LH en sangre para vacas que recibieron alimentación deficiente, en comparación con vacas bien alimentadas. Al parecer, una disminución en la secreción de progesterona a nivel ovario, restringe la retroalimentación negativa sobre el hipotálamo e incrementa la concentración de gonadotropinas circulantes (LH y FSH). Con anterioridad, Apgar *et al.* (1975) habían reportado que la síntesis de progesterona en respuesta al suministro exógeno de LH, en un experimento "in vitro", fue menor en tejido del cuerpo lúteo de vacas subalimentadas consumiendo una dieta con 60% de la EM recomendada en NRC (1962) que en vacas alimentadas con otra dieta conteniendo el 100% de la EM. También es probable, que la frecuencia pulsátil de LH sea la señal que induce al crecimiento folicular y que las vacas subalimentadas disminuyen la frecuencia pulsátil de LH afectando la síntesis y liberación de estrógenos por el ovario (Skaggs *et al.*, 1986; Armstrong y Britt, 1987).

Por otra parte, Staigmiller *et al.* (1979) también analizaron el efecto de la desnutrición y la respuesta a la aplicación exógena de la hormona FSH sobre el desarrollo folicular, tasa de ovulación y concentración de LH y

progesterona en vacas productoras de carne. Las vacas flacas respondieron mejor a la inyección de FSH, incrementando el peso total de los ovarios, y los pesos del fluido folicular y estromas de los ovarios; el largo de los folículos así como el número de estructuras en el ovario también fueron mayores como efecto de la aplicación exógena de FSH en vacas nutricionalmente restringidas. Sin embargo, la tasa de ovulación no fue diferente entre vacas flacas y moderadamente gordas. Ellos no se explicaron porque la tasa de ovulación no se incrementó igual que el desarrollo folicular en vacas subalimentadas pero plantearon que posiblemente el efecto observado se debió a que no hubo suficiente concentración de FSH para estimular y causar una ovulación completa, o bien, los folículos fueron poco capaces de madurar lo suficiente para llegar a la ovulación. Ambas hipótesis no fueron probadas. Los resultados de Staigmiller *et al.* (1979) contradicen la respuesta esperada ya que generalmente, la desnutrición restringe el desarrollo folicular tanto en vacas como en ovejas (Hill *et al.*, 1970). Asimismo, esos resultados reafirman la pregunta sobre si la nutrición actúa directamente sobre el ovario o indirectamente a través del hipotálamo y/o la hipófisis para controlar la disponibilidad de hormonas tróficas. Staigmiller *et al.* (1979) suponen ambas vías. Por otro lado, aunque alguna cantidad de FSH puede requerirse para finalizar el crecimiento folicular, algunos investigadores han sugerido que la presencia de grandes cantidades de FSH no parece estar involucrada en el retorno de la actividad estral (Wright *et al.*, 1987; Short *et al.*, 1990).

Contrario a los efectos de la subnutrición que deprime la síntesis y liberación de progesterona en sangre, otros estudios han reportado incrementos importantes de progesterona en vacas alimentadas con dietas bajas en energía (Dunn *et al.*, 1974; Boyd *et al.*, 1987), o bien, no hubo diferencias en el nivel de progesterona en sangre entre grupos de vacas que recibieron alimento con alto o bajo contenido de nutrientes (Spitzer *et al.*, 1978; Imakawa *et al.*, 1983).

Es importante señalar que las condiciones en que se desarrollaron los experimentos antes citados fueron muy variables en cuanto al tipo de dieta ofrecida, periodo de restricción alimenticia y condición corporal inicial de los animales, así como por otros factores de manejo, lo cual hace difícil establecer comparaciones contundentes, por lo que la información deberá tomarse con cautela.

La secreción de LH en la hipófisis puede ser inhibida por el  $17\beta$ -Estradiol ( $E_2$ ) durante el periodo de anestro causado por deficiencias nutricionales. Esta fue la hipótesis que formularon Imakawa *et al.* (1986) en su experimento para evaluar los efectos del  $E_2$  sobre la secreción de LH durante el restablecimiento de los ciclos estrales en vacas alimentadas con una dieta deficiente en energía metabolizable (50% de los requerimientos de EM recomendada por NRC, 1975) comparado con otro grupo de vacas alimentadas adecuadamente. Ellos reportaron que el  $17\beta$ -Estradiol suministrado por vía exógena suprimió la secreción de LH durante todo el periodo de anestro nutricional. Sin embargo, ya iniciado el ciclo estral, la aplicación exógena de  $17\beta$ -Estradiol no causó ningún efecto sobre la liberación de LH aún en vacas con alimentación restringida. Al parecer el  $17\beta$ -Estradiol suprime la secreción de LH reduciendo la frecuencia de impulsos liberadores de LH debido a una falta de estímulo para liberar la GnRH (Williams, 1990). Las vacas que tuvieron anestro como resultado del consumo restringido de alimento y de la acción del  $17\beta$ -Estradiol resultaron en un abrupto incremento de LH una vez que los ciclos estrales fueron restaurados.

Aunque la respuesta al estímulo de algún estrógeno ha sido variable y las dosis exógenas de estrógeno aplicado han sido también diversas, Nolan *et al.* (1988) reportaron un perfil ligeramente menor de LH secretadas en vacas alimentadas con niveles bajos de nutrientes en comparación con vacas alimentadas con base en sus requerimientos. En el mismo sentido, esos mismos investigadores encontraron que para una dieta severamente

restringida en nutrientes la aplicación exógena de  $17\beta$ -Estradiol no causó ninguna respuesta. Ellos sugieren que la respuesta del hipotálamo al  $17\beta$ -Estradiol fue alterada por el nivel de alimentación, sobre todo en vacas alimentadas con dieta de baja energía y/o proteína. Tal vez, la disminución de la respuesta del hipotálamo en vacas nutricionalmente restringidas se debió a una limitada acción del  $17\beta$ -Estradiol o quizás, a la falta de síntesis, almacenamiento o secreción de GnRH, a nivel hipotálamo.

#### 2.3.4.4. Función de los neuropéptidos

Los mecanismos neuroendócrinos que median los efectos de la alimentación limitada de nutrientes sobre el hipotálamo para suprimir la liberación de GnRH no han sido claramente establecidos. Al parecer varios neurotransmisores, como la serotonina, dopamina y péptidos opioides, también denominados neuropéptidos, están implicados como mediadores a nivel hipotálamo (Malven *et al.*, 1986; Whisnant *et al.*, 1986; Peck *et al.*, 1988; Short y Adams, 1988; Trout y Malven, 1988; Williams, 1990). Los neurotransmisores pueden tener efectos recíprocos sobre la secreción de prolactina y LH. Las catecolaminas (serotonina y dopamina) podían estar involucradas como inhibidores de la síntesis y secreción de esteroides a nivel gónadas o incluso sobre la secreción de gonadotropinas (Whisnant *et al.*, 1986). Es probable que la concentración de los opioides en el tejido neural se vea afectada por el consumo limitado de nutrientes y ello retarde la síntesis y liberación de GnRH (Malven *et al.*, 1986). Sin embargo, los estudios relacionados con el papel que desempeñan los neurotransmisores en el control del "estímulo inicial" en la liberación de gonadotropinas en rumiantes aún son limitados y es probable que los neuropéptidos deban ejercer una acción más integradora sobre los mecanismos neuroendócrinos que regulan el anestro postparto.



#### 2.3.4.5. Función de los metabolitos en sangre

Las estimaciones de metabolitos que circulan libremente en la sangre pueden resultar útiles como indicadores del estado nutricional de las hembras especialmente durante el periodo de anestro postparto. La concentración de glucosa en sangre después del parto ha sido asociada con la tasa de concepción en vacas productoras de carne por Selk *et al.* (1988). La correlación fue moderadamente alta y positiva ( $r=.51$ ). Russel y Wright (1983) también midieron glucosa, 3-hidroxibutirato y ácidos grasos no esterificados en plasma sanguíneo en varias fases de los ciclos reproductivos en vacas productoras de carne consumiendo dietas con deficiente contenido de nutrientes. En esos experimentos, la glucosa no resultó útil para evaluar el estatus de energía del cuerpo del animal. Sin embargo, con las determinaciones de 3-hidroxibutirato se estimó con mayor eficacia la composición energética en vacas gestantes, mientras que las estimaciones de ácidos grasos no esterificados resultaron útiles tanto en vacas gestantes como en vacas vacías.

Debido a que los rumiantes absorben solo pequeñas cantidades de glucosa en el tracto gastrointestinal bajo, las estimaciones de glucosa en sangre son un indicador de la cantidad de tejido adiposo que el animal remueve para suplir sus necesidades de energía (Short y Adams, 1988). La inyección intravenosa de glucosa que Garmendia *et al.* (1986) realizaron en vacas productoras de carne al inicio de la lactancia no resultó en una relación directa del nivel de glucosa en sangre con algún incremento en la actividad ovárica postparto. Sin embargo, la glucosa parece ser necesaria para la función reproductiva del ganado ya que el inhibidor metabólico 2-dioxi-D-glucosa impide que ocurra el estro y la formación del cuerpo lúteo (Rutter y Manns, 1987). Los experimentos que utilizaron infusiones de glucosa (Gamendia *et al.*, 1986) sugirieron que la concentración de insulina, la cual se incrementa con la lipólisis, disminuye para mantener constante los niveles de glucosa en sangre. Aún cuando estos resultados parecieron ser



lógicos, el estudio realizado anteriormente por Hove (1978) sugiere la síntesis y liberación inmediata de insulina por las células del páncreas como resultado de un incremento en la concentración de glucosa en sangre.

No obstante, Rutter *et al.* (1983) encontraron que la infusión abomasal de ácido propiónico (principal sustrato energético absorbido en el rumen), incrementó la concentración de glucosa en sangre y la liberación de LH en vaquillas prepúberes. Así, la inclusión de ionóforos en el alimento, pudo elevar la concentración de ácido propiónico en el rumen e incrementar la respuesta ovárica a través de un aumento en la concentración de LH circulante después de la aplicación exógena de GnRH (Randel y Rhodes, 1980). Las vacas alimentadas con ionoforos (monensina o lasolacid) durante el postparto temprano, han incrementado la liberación de LH en mayor magnitud y retornado al estro más pronto que el grupo de vacas control (Richardson *et al.*, 1976; Thonney *et al.*, 1981; Hardin y Randel, 1983). Asimismo, Nolan *et al.* (1988) encontraron una relación negativa entre varios metabolitos en sangre (urea y albúminas en plasma y transaminasa oxalacética glutámica en suero) y la liberación de GnRH, durante el periodo postparto de vacas productoras de carne. En particular, los cambios en el proceso gluconeogénico deben resultar de mayor importancia para estimar la composición energética en el cuerpo del animal que la concentración misma de la glucosa circulante para explicar el mecanismo por el cual la nutrición afecta el comportamiento reproductivo.

#### 2.3.4.6. Función de la Insulina

La insulina, una hormona metabólica, la cual regula la utilización de glucosa y aminoácidos del tejido corporal periférico (Armstrong *et al.*, 1986), puede alterar la frecuencia de liberación de GnRH así como la frecuencia de impulsos liberadores de LH tanto en cerdos (Cox *et al.*, 1987) como en vacas productoras de carne (Richards *et al.*, 1989b). La concentración de insulina en cerdas nutricionalmente restringidas fue menor cuando estas fueron

alimentadas *ad libitum* (Armstrong y Britt, 1987). Resultados similares fueron reportados por Richards *et al.* (1989b) en vacas que perdieron peso y condición corporal cuando consumieron una dieta baja en energía. Una reducción en la concentración de glucosa en plasma presupone una reducción en la secreción de insulina con lo cual se incrementa la concentración de ácidos grasos no esterificados proveniente del tejido corporal graso. Esas alteraciones en los metabolitos en plasma son evidencias de que las vacas mal alimentadas remueven grasa corporal y prolongan el estado de anestro postparto (Richards *et al.*, 1989b).

El anestro nutricional ha sido asociado con una reducción en la concentración de glucosa e insulina y con incrementos de ácidos grasos no esterificados en la sangre de las vacas. Se cree que tanto la entrada de la glucosa en las células como la actividad transportadora de la insulina puede ser menos efectiva en vacas flacas en anestro que en vacas moderadamente gordas que exhiben ciclo estral (McCann y Raimers, 1985). Sin embargo, después de una infusión de glucosa por vía exógena en vacas de condición corporal pobre la concentración de insulina permaneció moderadamente alta a medida que desapareció la glucosa inyectada (Richards *et al.*, 1989b). Este comportamiento de la concentración de Insulina indica que el proceso glucoregulador de la insulina puede estar afectado por receptores que modulan el sistema transportador de la glucosa.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

Con el propósito de cubrir los objetivos de la presente investigación, dos estudios fueron conducidos: el primero fue homogeneizar y evaluar los criterios de aplicación de una escala para estimar la condición corporal en vacas a través del método de apreciación visual; y el segundo, para cuantificar los efectos del nivel de nutrición preparto y de la condición corporal al parto, sobre la producción de leche de la vaca, el crecimiento de sus terneros y el periodo de anestro postparto en vacas productoras de carne. La descripción de estos estudios se detalla a continuación.

#### **3.1. Aplicación de una escala de condición corporal**

De enero a junio de 1991 un grupo de cuatro personas realizaron actividades de entrenamiento en el conocimiento de un sistema estandarizado para juzgar, por el método de apreciación visual, la condición corporal en vacas productoras de carne. La escala a validar consta de 9 puntos (1 a 9); donde 1 es la calificación correspondiente a un animal muy flaco y 9 es la calificación correspondiente a un animal muy gordo. En el Cuadro 4 se describen las características de cada punto de la escala mencionada, la cual fue elaborada tomando como base los criterios de evaluación propuestos por Nicholson y Butterworth (1986) y Herd y Sprott (1986).

La fase de entrenamiento sobre los criterios de evaluación de la escala seleccionada fue realizada en cuatro etapas durante los meses de enero a junio. En la primera etapa de entrenamiento, los jueces discutieron en colectivo los elementos fundamentales que definen el concepto de condición corporal y los criterios de aplicación de un sistema subjetivo para evaluar la condición corporal del ganado productor de carne por el método de apreciación visual. Para comprender con mayor precisión las diferencias que la escala establece en cada puntuación, se tomó como base el manual

**Cuadro 4. Descripción simplificada de las categorías del sistema estandarizado para evaluar condición corporal en ganado bovino productor de carne<sup>1</sup>**

| Valor | CC <sup>2</sup> | Características del animal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | F-              | El animal tiene marcada emaciación y su apariencia indica que puede estar próximo a morir por inanición. La estructura de los huesos de la espaldilla, costillas, lomo y cuarto trasero son prominentes y fácilmente visibles.                                                                                                                                 |
| 2     | F               | Las apófisis transversas y espinosas de la columna vertebral son prominentes e individualmente visibles. Las costillas están totalmente plegadas a la piel. Hay poca evidencia de grasa depositada sobre los músculos del cuarto trasero. Se nota la piel flácida sobre la giba.                                                                               |
| 3     | F+              | Las apófisis transversas son individualmente visibles pero ligeramente cubiertas de grasa, la cual se prolonga hasta el lomo, costilla y cuarto trasero. Las apófisis espinosas, los huesos de la cadera y del tronco de la cola son aún prominentes. La masa muscular entre el ileon y el isquion es cóncava y los huesos espinosos están plegados a la piel. |
| 4     | M-              | Las apófisis transversas y espinosas están cubiertas ligeramente de grasa y no pueden ser identificadas individualmente a simple vista. Los huesos de la cadera y la base de la cola son claramente visibles. La masa muscular entre el ileon y el isquion es ligeramente cóncava.                                                                             |
| 5     | M               | Las apófisis transversas y espinosas, así como las costillas son apenas perceptibles a simple vista. Los huesos de la cadera y la base de la cola aparecen ligeramente cubiertos de grasa. Los músculos lateral y posterior de la pierna son ligeramente convexos.                                                                                             |
| 6     | M+              | Las apófisis transversas y espinosas de la espina dorsal y las costillas no pueden ser observadas. Los huesos de la cadera (ileon e isquion) son apenas perceptibles a la observación. Los músculos que cubren los huesos de la cadera y posterior a la pierna son ligeramente convexos.                                                                       |
| 7     | G-              | La cubierta de grasa sobre el lomo y costillas redondea el cuerpo del animal. Los huesos de la cadera aparecen redondeados de grasa pero son aún perceptibles. Los músculos lateral y posterior de la pierna son convexos.                                                                                                                                     |
| 8     | G               | La grasa depositada en todas las regiones corporales del animal puede ser observada fácilmente. La cubierta de grasa tiene una apariencia blanda.                                                                                                                                                                                                              |
| 9     | G+              | La grasa depositada en el cuerpo del animal es densa, firme y claramente perceptible sobre el lomo, las costillas, la cadera, la base de la cola, la giba y el esternón.                                                                                                                                                                                       |

<sup>1</sup> Los criterios de descripción de la escala fueron tomados de Nicholson y Butterworth (1986) y Herd y Sprott (1986).

<sup>2</sup> F-, corresponde a la condición corporal (CC) de un animal "muy flaco", F es la condición de un animal "flaco", y F+ es la condición de un animal "ligeramente flaco"; (ambos: F-, F y F+ se ubican en un rango de condición corporal pobre); M- es la condición corporal para animales de "gordura media baja", M es una condición de "gordura media", y M+ es la condición para animales de "gordura media alta" (ambos: M-, M y M+ corresponden a un rango de condición corporal moderada); G- es una condición para animales "moderadamente gordos", G es la condición de un animal "gordo", mientras que G+ indica la condición corporal de un animal "excesivamente gordo" (ambos: G-, G y G+ corresponden a la categoría de animales gordos).

de descripción estandarizado "A Guide to Condition Scoring of Zebu Cattle" propuesto por Nicholson y Butterworth (1986) y la escala presentada por Herd y Sprott (1986).

En la segunda etapa de entrenamiento, los jueces observaron cuidadosamente una serie de estándares fotográficos a partir de los cuales se identificaron las principales zonas corporales que "a simple vista" deben ser consideradas para evaluar la condición corporal en las vacas productoras de carne. Una y otra vez, los jueces discutieron sobre las características corporales del animal, a tomar en cuenta para el otorgamiento final de una calificación de condición corporal, en apego a la escala adoptada.

Durante la tercera etapa de entrenamiento, cada juez realizó evaluaciones independientes a partir de fotografías de animales de raza Cebú, de ganado productor de carne Angus, Charolais y Suizo Pardo europeo, y de cruzas entre ganado Cebú con razas lecheras de origen europeo (Cebú x Holstein y Cebú x Suizo Pardo). Los jueces realizaron también evaluaciones individuales de condición corporal directamente en vacas procedentes de dos hatos ganaderos ubicados en zonas tropicales, con ganado Cebú y Suizo Pardo así como en vacas de razas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas en un hato ubicado en las instalaciones de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo.

La cuarta y última etapa de entrenamiento consistió en que cada uno de los jueces otorgaran calificaciones individuales e independientes, con dos evaluaciones hechas en un mismo animal, a un lote de aproximadamente 90 vacas en estado de lactancia. Las calificaciones obtenidas fueron sometidas a un análisis estadístico preliminar para estimar correlaciones simples entre las evaluaciones repetidas por cada juez a fin de determinar el grado de apropiación de los criterios de evaluación propuestos en la escala.

### 3.1.1. Origen de la información

Los datos utilizados para la validación de la escala seleccionada, fueron tomados en septiembre de 1991 y son procedentes de vacas de raza Cebú y Suizo Pardo alimentadas en un sistema de pastoreo extensivo en la región de "Las Huastecas" en el Trópico Mexicano. La información fue generada en el Centro de Reproducción de Bovinos Productores de Carne "TANCOJOL", el cual pertenece al "Fideicomiso Ganadero del Banco de Crédito Rural", ubicado a 6 km de la comunidad de San Vicente Tancuayalab del municipio de Tamuín, San Luis Potosí. El predio está ubicado sobre las coordenadas 22°01' Latitud N y 98°49' Longitud O a una altura de 68 msnm. La temperatura media anual es de 26.8°C y la precipitación media anual de 928 mm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, del tipo Awo"(e) (García, 1981).

### 3.1.2. Procedimiento de evaluación

Primeramente, 562 vacas de las razas Brahman, Indobrasil y Suizo Pardo (206, 207 y 149 cabezas, respectivamente) del rancho "Tancojol" fueron valoradas en su condición corporal por cuatro jueces durante los días del 23 al 28 de Septiembre de 1991. Para lo anterior, cuatro jueces previamente entrenados en el uso de la escala de condición corporal, evaluaron cada día un lote de aproximadamente 100 vacas, identificadas con un número de control para cada raza. En un lapso de aproximadamente dos horas, cada juez emitió evaluaciones individuales de condición corporal por la mañana (6-8 h) y por la tarde (13-15 h), de modo que cada animal fue juzgado dos veces en un mismo día por cada juez.

Con el propósito de garantizar la independencia entre las dos valoraciones que un mismo juez emitió sobre un mismo animal, las evaluaciones hechas por la tarde se hicieron en un orden diferente a las efectuadas por la mañana, sin previa consulta de la calificación otorgada anteriormente. Las evaluaciones de un juez en particular también fueron



independientes de las evaluaciones emitidas por los otros jueces, es decir, los jueces no consultaron entre ellos, la posible condición corporal de un animal en particular.

### **3.1.3. Información disponible**

La base de datos disponible para el análisis del grado de apropiación de la entrada de la escala contiene la siguiente información: a). identificación de la vaca, b). raza de la vaca, c). identificación del juez; d) repetición de la evaluación; y, e) valor de la condición corporal.

## **3.2. Nutrición preparto y condición corporal al parto en vacas para carne**

El experimento fue establecido de enero a septiembre de ambos años (1991 y 1992) en el módulo de bovinos productores de carne de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado al Oriente del Estado de México y ubicado sobre las coordenadas 19°29' de Latitud N y 93°53' de Longitud O. El clima de la localidad ha sido clasificado como C(W'')(w)b(i'')g, el cual corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura anual es de 15°C, precipitación media anual de 645 mm y altura sobre el nivel del mar de 1250 m (García, 1981).

### **3.2.1. Procedimiento de evaluación**

En 1991 se utilizaron 48 vacas de las razas Angus (A; n=18), Suizo Pardo (P; n=11) y cruzas recíprocas (A x P y P x A; n=19). Estas hembras se encontraban con 182 días de gestación en promedio, en un intervalo de 136 a 234 días. En 1992 se utilizaron 39 vacas de los mismos genotipos (14, 8 y 17 hembras, respectivamente), las cuales tuvieron 183 días de gestación en promedio, en un intervalo de 121 a 214 días.

En ambos años (1991 y 1992) las vacas fueron asignadas aleatoriamente en cuatro tratamientos con diferente nivel de alimentación y la distribución dentro de cada tratamiento se hizo con base en la condición

corporal inicial (CCI) y el genotipo de la vaca (Cuadro 5). En la última fase de la gestación, a cada grupo de vacas les fue ofrecido alimento con alto, moderado o bajo contenido de energía metabolizable, pero cubriendo los requerimientos de proteína y minerales recomendados por el NRC (1984). Los periodos promedio de tratamiento durante el último tercio de gestación fueron de 100 y 102 días para 1991 y 1992, respectivamente. En el Cuadro 5 aparecen reportados los días de tratamiento promedio para cada grupo de vacas según el nivel nutricional preparto.

Al inicio del experimento en cada año, las vacas fueron valoradas en su condición corporal por los cuatro jueces en función de los procedimientos antes señalados. Con base en el promedio de las calificaciones otorgadas por cada juez, las vacas fueron separadas en dos grupos: vacas de condición corporal moderada con CCI mayor o igual a 4, (4 a 7.5) y, vacas flacas con CCI menor a 4. (1.5 a 3.9) A partir de esta clasificación los genotipo fueron distribuidos en cuatro grupos a los cuales se les asignó como tratamiento un nivel determinado de alimentación para conservar su condición corporal inicial y para ganar o perder condición corporal durante el periodo de tratamiento. Así, los tratamientos quedaron de la siguiente forma:

Tratamiento 1. Conformado con un grupo de vacas de condición corporal inicial  $\geq 4$  (5.7 en promedio) y un peso vivo inicial promedio de 535 kg, a las cuales se les ofreció una alimentación adecuada cubriendo sus requerimientos de energía para gestación con el propósito de incrementar o mantener la condición corporal durante el periodo de tratamiento. A este grupo se le denominó “vacas de condición corporal moderada que llegaron al parto con condición corporal moderada” y se les asignó la clave MM100;

Tratamiento 2. Conformado con vacas de condición corporal inicial  $\geq 4$  (4.6 en promedio) y un peso vivo promedio de 457 kg, las cuales recibieron

**Cuadro 5. Distribución de las vacas Angus (A), Suizo Pardo (P) y cruza recíprocas (CR), por condición corporal inicial (CCI), en los tratamientos (nivel de energía en la dieta preparto).**

| CCI                           | MAYOR O IGUAL A 4 |   |    |       |       |   |    |       | MENOR A 4 |   |    |       |        |   |    |       |
|-------------------------------|-------------------|---|----|-------|-------|---|----|-------|-----------|---|----|-------|--------|---|----|-------|
| Tratamiento                   | MM100             |   |    |       | MF60  |   |    |       | FM140     |   |    |       | FF100  |   |    |       |
| Genotipo de la vaca           | A                 | P | CR | Total | A     | P | CR | Total | A         | P | CR | Total | A      | P | CR | Total |
| Número de vacas               |                   |   |    |       |       |   |    |       |           |   |    |       |        |   |    |       |
| 1991                          | 5                 | 3 | 4  | 12    | 3     | 4 | 4  | 11    | 5         | 2 | 6  | 13    | 5      | 2 | 5  | 12    |
| 1992                          | 4                 | 2 | 3  | 9     | 4     | 2 | 4  | 10    | 3         | 2 | 5  | 10    | 3      | 2 | 5  | 10    |
| Periodo de tratamiento (días) |                   |   |    |       |       |   |    |       |           |   |    |       |        |   |    |       |
| 1991                          | 93+09             |   |    |       | 96+08 |   |    |       | 98+07     |   |    |       | 113+08 |   |    |       |
| 1992                          | 102+10            |   |    |       | 87+04 |   |    |       | 123+11    |   |    |       | 96+06  |   |    |       |

MM100 = Vacas de condición corporal inicial moderada que recibieron niveles altos de alimentación durante el período preparto para mantener o incrementar la condición corporal antes del parto.

MF60 = Vacas de condición corporal inicial moderada que recibieron niveles restringidos de alimentación durante el periodo preparto para perder la condición corporal antes del parto.

FM140 = Vacas de condición corporal inicial pobre que recibieron niveles altos de alimentación preparto para aumentar la condición corporal antes del parto.

FF100 = Vacas de condición corporal inicial pobre que recibieron niveles bajos de alimentación preparto para mantener baja la condición corporal antes del parto.

alimentación restringida a fin de disminuir la condición corporal durante el último tercio de la gestación, para llegar al parto con condición corporal pobre. A este grupo se le denominó “vacas de condición corporal moderada que llegaron flacas al parto” y se les asignó la notación MF60;

**Tratamiento 3.** Fueron alojadas vacas de condición corporal inicial  $<4$  (3 en promedio) con un peso vivo promedio de 402 kg, a las cuales se le dio una sobrealimentación con la finalidad de incrementar la condición corporal de las vacas durante el periodo de tratamiento. A este grupo se le denominó “vacas flacas que llegaron al parto con condición corporal moderada” y se les etiquetó con la clave FM140; y,

**Tratamiento 4.** Formado con vacas de condición corporal inicial  $<4$  (3.4 en promedio) con un peso vivo promedio de 399 kg, recibiendo una dieta restringida en nutrientes con el propósito de conservar la condición corporal pobre durante el último tercio de la gestación. A este grupo se le nombró “vacas flacas que llegaron flacas al parto” y se les asignó la clave FF100.

Una descripción general sobre la composición de las dietas ofrecida a las vacas antes del parto es mostrada en los Cuadros 6 y 7.

Las dietas estuvieron compuestas por: ensilado de maíz, alimento balanceado comercial, harinolina, urea y minerales. En los grupos que recibieron un nivel alto de alimentación (MM100 y FM140), el ensilado de maíz fue asignado en cantidades aproximadas de 65% por la mañana y 35% por la tarde y el concentrado (alimento balanceado comercial, harinolina, urea y minerales, mezclados todos estos ingredientes) fue ofrecido en un 50% por la mañana y 50% por la tarde, mientras que a las vacas nutricionalmente restringidas (MF60 y FF100) se les ofreció el alimento solamente durante la mañana. El alimento se asignó a cada grupo de vacas, no individualmente, en comederos de concreto de aproximadamente 8 m de

**Cuadro 6. Composición de las dietas ofrecidas durante el último tercio de la gestación<sup>1</sup>**

| Constituyente                    | MM100  |                      |        |           |        |       |         |        |           |        |       | MF60    |        |           |        |       |         |        |           |        |       |
|----------------------------------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|
|                                  | 1991   |                      |        |           |        |       | 1992    |        |           |        |       | 1991    |        |           |        |       | 1992    |        |           |        |       |
|                                  | MS (%) | MS <sup>2</sup> (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) |
| Ensilado de maíz                 | 23     | 6.90                 | 538    | 15.45     | 15     | 15    | 6.10    | 476    | 13.66     | 14     | 14    | 4.60    | 359    | 10.30     | 10     | 10    | 2.38    | 185    | 5.35      | 5      | 5     |
| Concentrado comercial            | 85     | 2.20                 | 253    | 05.50     | 1      | 6     | 3.40    | 391    | 08.50     | 1      | 9     | 0       | 0      | 0         | 0      | 0     | 1.53    | 176    | 3.82      | -      | 4     |
| Harinolina                       | 93     | 0.46                 | 184    | 01.01     | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 01.01     | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 01.01     | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 1.01      | 2      | 4     |
| Urea                             | 100    | 0.05                 | 140    | -         | -      | -     | 0.05    | 140    | -         | -      | -     | 0.05    | 140    | -         | -      | -     | 0.16    | 449    | -         | -      | -     |
| Mezcla de minerales <sup>3</sup> | -      | 0.50                 | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    |
| Total                            |        | 10.11                | 1115   | 21.96     | 72     | 58    | 10.45   | 1191   | 23.17     | 71     | 60    | 5.61    | 683    | 11.31     | 66     | 47    | 5.03    | 994    | 10.18     | 62     | 46    |

| Constituyente                    | FM140  |                      |        |           |        |       |         |        |           |        |       | FF100   |        |           |        |       |         |        |           |        |       |
|----------------------------------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------|--------|-------|
|                                  | 1991   |                      |        |           |        |       | 1992    |        |           |        |       | 1991    |        |           |        |       | 1992    |        |           |        |       |
|                                  | MS (%) | MS <sup>2</sup> (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) | MS (kg) | PC (g) | EM (Mcal) | Ca (g) | P (g) |
| Ensilado de maíz                 | 23     | 6.58                 | 513    | 14.74     | 15     | 15    | 5.00    | 390    | 11.20     | 11     | 11    | 6.55    | 511    | 14.67     | 15     | 15    | 3.75    | 292    | 8.40      | 8      | 8     |
| Concentrado comercial            | 85     | 4.10                 | 471    | 10.25     | 2      | 10    | 4.93    | 567    | 12.32     | 2      | 11    | 0       | 0      | 0         | 0      | 0     | 2.45    | 191    | 6.12      | 1      | 4     |
| Harinolina                       | 93     | 0.46                 | 184    | 01.01     | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 01.01     | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 1.01      | 1      | 4     | 0.46    | 184    | 1.01      | 1      | 4     |
| Urea                             | 100    | 0.05                 | 140    | -         | -      | -     | 0.05    | 140    | -         | -      | -     | 0.05    | 140    | -         | -      | -     | 0.10    | 281    | -         | -      | -     |
| Mezcla de minerales <sup>3</sup> | -      | 0.50                 | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    | 0.50    | -      | -         | 55     | 33    |
| Total                            |        | 11.69                | 1308   | 26.00     | 73     | 62    | 10.94   | 1281   | 24.53     | 69     | 59    | 7.56    | 835    | 15.68     | 71     | 52    | 7.26    | 948    | 15.53     | 65     | 49    |

<sup>1</sup>Los requerimientos del animal y la composición de los ingredientes de las dietas fueron tomados de NRC (1984). El concentrado comercial fue tomado como un grano de buena calidad.

<sup>2</sup>Cantidad de alimento ofrecido en base seca (MS) por tratamiento (kg/cabeza/día, en promedio); los valores de los nutrientes: proteína cruda (PC; g/cabeza/d), energía metabolizable (EM; Mcal/cabeza/d), calcio (Ca; g/cabeza/d) y fósforo (P; g/cabeza/d), están dados también con base en el consumo de materia seca.

<sup>3</sup>Sal común 33%, ortofosfato 33%, carbonato de calcio (26%) y premezcla de minerales (los animales recibieron 40 g/d de una premezcla mineral comercial conteniendo 3.41% de P, 2.37% de Ca, 4.29% de K, 2.5% de S, 2.2% de Mg, 1429 ppm de Mn, 133 ppm de Cu, 30 ppm de I, 6.7 ppm de Co, 800 ppm de Zn y 4 ppm de Se).

**Cuadro 7. Cantidad de nutrientes ofrecidos en las dietas experimentales durante el último tercio de la gestación**

| Tratamiento |      |                 |                      |                      | Nutrientes <sup>1</sup> |        |        |       |
|-------------|------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------|--------|-------|
|             | Año  | Número de vacas | PV <sup>2</sup> (kg) | MS <sup>3</sup> (kg) | EM (Mcal)               | PC (g) | Ca (g) | P (g) |
| MM100       | 1991 | 12              | 544                  | 10.11                | 21.96                   | 1115   | 72     | 58    |
|             | 1992 | 9               | 531                  | 10.51                | 23.17                   | 1191   | 71     | 49    |
| MF60        | 1991 | 11              | 443                  | 5.61                 | 11.31                   | 683    | 65     | 43    |
|             | 1992 | 10              | 471                  | 4.83                 | 10.16                   | 994    | 62     | 42    |
| FM140       | 1991 | 13              | 412                  | 11.69                | 26.01                   | 1308   | 73     | 57    |
|             | 1992 | 10              | 392                  | 10.94                | 24.53                   | 1281   | 70     | 59    |
| FF100       | 1991 | 12              | 404                  | 7.56                 | 15.68                   | 835    | 71     | 52    |
|             | 1992 | 10              | 394                  | 7.26                 | 15.53                   | 948    | 65     | 49    |

<sup>1</sup>Los niveles de energía metabolizable (EM; Mcal/animal/d), proteína cruda (PC; g/animal/d), calcio (Ca; g/animal/d) y fósforo (P; g/animal/d) fueron estimados con base en los requerimientos y composición nutricional de los ingredientes reportados en NRC (1984).

<sup>2</sup>Peso vivo promedio de las vacas al inicio del periodo de tratamiento.

<sup>3</sup>Cantidad de alimento consumido por animal por día (kg de materia seca).



largo; con bebederos de 400 l de capacidad; y los animales permanecieron alojados en grupo en corrales de aproximadamente 180 m<sup>2</sup>, durante los periodos de tratamiento y lactancia.

Después del parto, las vacas de todos los grupos fueron alimentadas con una dieta similar para cubrir los requerimientos de nutrientes (energía, proteína y minerales), la cual fue ofrecida "*ad libitum*" durante 180 días de la lactancia. Los ingredientes principales de la dieta postparto fueron: ensilado de maíz, alfalfa, alimento balanceado comercial, heno de alfalfa, harinolina y minerales (Cuadro 8). Sin embargo, la cantidad de alimento consumido por el animal después del parto solo fue estimada para el segundo año, ya que durante el primero, no se realizaron pruebas de consumo de alimento postparto.

En 1992, el consumo de alimento después del parto fue asignado en grupo, pesando diariamente el alimento ofrecido y el alimento rechazado. En los primeros cuatro meses de la lactancia, se tomaron muestras de alimento ofrecido cada 15 días, a fin de estimar la composición nutricional de la dieta. Las muestras de alimento fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Zootecnia utilizando los procedimientos descritos en el manual de la AOAC (1980), por los cuales se determinó: materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro (paredes celulares) y cenizas (Cuadro 9).

### 3.2.2. Manejo de los animales

Los efectos de la nutrición preparto y la condición corporal al parto sobre el comportamiento postparto de las vacas y sus terneros fueron analizados a partir de datos procedentes de animales utilizados en un proyecto de investigación más amplio denominado "Evaluación de genotipos y estimación de heterosis en un cruzamiento entre Angus y Suizo Pardo", el cual fue iniciado desde 1980 en el módulo de bovinos para carne.

**Cuadro 8. Composición de la dieta ofrecida después del parto<sup>1</sup>**

| Constituyente          | Nutrientes <sup>2</sup> |                      |                    |        |        |       |
|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------|--------|-------|
|                        | MS (%)                  | MS <sup>3</sup> (kg) | EM (Mcal)          | PC (g) | Ca (g) | P (g) |
| Ensilado de maíz       | 23                      | 5.76(40)             | 12.90              | 449    | 13     | 13    |
| Heno de alfalfa        | 87                      | 2.59(18)             | 05.44              | 507    | 25     | 05    |
| Concentrado comercial  | 85                      | 5.04(35)             | 12.60 <sup>4</sup> | 579    | 02     | 14    |
| Harinolina             | 93                      | 0.72(05)             | 01.59              | 288    | 02     | 07    |
| Minerales <sup>5</sup> | 100                     | 0.30(02)             | -                  | -      | 40     | 21    |
| Total                  | -                       | 14.40(100)           | 32.53              | 1823   | 82     | 60    |
|                        |                         |                      | 2.26<br>Mcal/kg    | 12.6%  | 0.57%  | 0.42% |

<sup>1</sup> Los requerimientos y la composición de los ingredientes de la dieta fueron tomados de NRC (1984). La dieta fue elaborada para una vaca en lactancia de 480 kg de peso vivo con una producción de 8 kg de leche por día, consumiendo una cantidad de alimento equivalente al 3% del peso vivo.

<sup>2</sup> Los valores de los nutrientes: energía metabolizable (EM; Mcal/cabeza/día), proteína cruda (PC; g/cabeza/d), calcio (Ca; g/cabeza/d) y fósforo (P; g/cabeza/d) están dados con base en el consumo de materia seca.

<sup>3</sup> Cantidad de alimento ofrecido en kg de materia seca (MS) por animal por día (entre paréntesis, la proporción del ingrediente en la dieta)..

<sup>4</sup> Este valor debe ser tomado con precaución ya que fue estimado con base en la EM de un grano de buena calidad.

<sup>5</sup> Sal común 35%, Ortofosfato 33%, Carbonato de calcio 20%, Premezcla de microminerales (los animales recibieron 50 g/d de una premezcla mineral comercial conteniendo 3.41% de P, 2.37% de Ca, 4.29% de K, 2.5% de S, 2.21% de Mg, 1429 ppm de Mn, 133 ppm de Cu, 30 ppm de I, 6.7 ppm de Co, 800 ppm de Zn y 4 ppm de Se; eventualmente, esta premezcla de minerales fue sustituida por otra conteniendo 12% de Mn, 4% de Fe, .4% de Cu, .24% de I, .02% de Zn y .04% de Co).

**Cuadro 9. Composición de la dieta ofrecida después del parto durante 1992**

| <b>Constituyente</b>                    | <b>Nutrientes<sup>1</sup></b> |               |                |                                 |                    |
|-----------------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------|--------------------|
|                                         | <b>MS (%)</b>                 | <b>PC (%)</b> | <b>FDN (%)</b> | <b>EM<sup>2</sup> (Mcal/kg)</b> | <b>CENIZAS (%)</b> |
| <b>Ensilado de maíz</b>                 | 22.4                          | 7.87          | 64.27          | 2.24                            | 11.90              |
| <b>Heno de alfalfa</b>                  | 87.88                         | 19.65         | 38.43          | 2.10                            | 11.19              |
| <b>Concentrado comercial</b>            | 84.99                         | 14.99         | 30.26          | 2.64                            | 14.58              |
| <b>Mezcla de minerales y harinolina</b> | 87.97                         | 45.98         | 19.51          | -                               | 29.91              |

<sup>1</sup> El porcentaje de los nutrientes: proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y cenizas están dados con base en la materia seca (MS) de cada ingrediente.

<sup>2</sup> Los valores de la energía metabolizable (EM; Mcal/kg) fueron estimados con base en las tablas de NRC (1984), sin embargo, el valor para el concentrado comercial debe ser tomado con precaución ya que fue estimado con base en la EM de un grano de buena calidad.

### **3.2.2.1. Epoca de empadre y manejo postdestete previo a la fase experimental**

El periodo de empadre de las vacas fue de 90 días, del 1° de junio al 31 de agosto, y mediante la técnica de Inseminación Artificial (IA), las vacas de raza Angus (A), Suizo Pardo (P) y las cruas recíprocas (A x P y P x A) fueron inseminadas con semen proveniente de sementales de raza Simmental. Un mes después de concluido el periodo de empadre fue realizado un primer diagnóstico de preñez por la técnica de palpación a fin de detectar y separar las vacas gestantes de las “vacías”. Un segundo diagnóstico de preñez, un mes después de efectuado el primero, fue realizado para confirmar el estado de preñez de aquellas vacas que fueron inseminadas al final del periodo de empadre.

El manejo nutricional de las vacas, previo a la fase experimental, consistió en alimentar a los animales en condiciones de manejo intensivo en corral. La alimentación estuvo basada principalmente en el ofrecimiento de ensilado de maíz y heno de alfalfa, y eventualmente alfalfa verde, rastrojo de maíz y/o cantidades restringidas de alimento balanceado comercial. Dos veces por año fueron inyectadas por vía intramuscular con dosis recomendadas de vitaminas A, E y D, y el manejo zoonitario fue realizado permanentemente por un especialista en sanidad animal.

### **3.2.2.2. Ultima fase de la gestación**

En ambos años el experimento se inició en los primeros días del mes de enero. De este modo, la asignación de las dietas de tratamiento fue dada durante la última fase de la gestación, entre los meses de enero y mayo, ya que la época de partos estuvo comprendida entre los meses de marzo y mayo.

### **3.2.2.3. Periodo postparto**

Durante los primeros 20 días después del parto, las vacas fueron cuidadosamente supervisadas para detectar, prevenir y corregir problemas de retención de placenta o infecciones uterinas. Posteriormente, las vacas fueron palpadas vía rectal para detectar la posible presencia de algún cuerpo luteo persistente o quistes ováricos.

Al nacer, las crías recibieron una atención especial: a) se dio ayuda a la madre y al recién nacido durante el parto cuando ello fue requerido. Aunque muchos partos fueron normales hubo otros denominados “partos difíciles”, o distócicos; b) los residuos y líquidos placentarios fueron retirados de la boca y vías respiratorias del ternero; c) se aseguró que los terneros tomaran calostro durante las primeras horas de nacidos; y d) se registró el peso tanto del becerro como de la madre dentro de las primeras 24 horas después del parto. Otras prácticas de rutina realizadas en los primeros 15 días después del nacimiento fueron: a) identificación con arete numerado y un número tatuado en el interior de la oreja, b) descorne por cauterización de la raíz del cuerno, y c) eliminación de tetas supernumerarias.

Del nacimiento al destete los becerros permanecieron todo el tiempo con su madre y sólo fueron separados de ellas por periodos cortos (aproximadamente 12 horas), una o dos veces por semana, para realizar las mediciones de producción de leche y ganancia de peso del ternero. En los primeros tres meses de vida, la alimentación de los becerros dependió fundamentalmente de la producción de leche de la madre, sin embargo, después de los tres meses de edad el consumo de alimento sólido por parte del becerro se incrementó a medida que la producción de leche de la madre disminuyó. Ambos, vaca y becerro tuvieron libre acceso al alimento ofrecido durante la lactancia, consistente en ensilado de maíz, heno de alfalfa,

**alimento balanceado comercial y una mezcla de minerales homogeneizada con harina de semilla de algodón.**

**A los 180 días de lactancia los terneros fueron desparasitados tanto externa como internamente y se les aplicó una dosis de vitamina A, D y E por vía subcutánea. El destete se realizó a los 180 días de edad del ternero.**

### **3.2.3. Información disponible**

**Se realizaron determinaciones de peso vivo, condición corporal, producción de leche y longitud en días del periodo de anestro postparto en las vacas; y peso al nacimiento, así como de la ganancia diaria de peso obtenidas con el promedio de las mediciones semanales y el peso al destete de los terneros. Asimismo, durante 1992 se llevaron registros del consumo de alimento por tratamiento durante los primeros 120 días posteriores al parto.**

#### **3.2.3.1. Peso vivo**

**El peso vivo inicial de las vacas fue obtenido al inicio del experimento y, posteriormente cada mes hasta llegar al parto. El peso vivo al parto de las vacas fue tomado durante las primeras 24 horas después del nacimiento del ternero. A partir del peso vivo inicial y el peso vivo al parto fue estimado, por diferencia, el cambio de peso vivo durante el periodo experimental preparto. Después del parto las vacas fueron pesadas cada mes hasta finalizar la lactancia.**

#### **3.2.3.2. Condición corporal**

**Los cuatro jueces, previamente entrenados, realizaron las evaluaciones individuales de condición corporal correspondiente a cada vaca en cada uno de los tratamientos. El promedio de las evaluaciones que el conjunto de jueces emitieron sobre una vaca en particular fue considerado como la condición corporal correspondiente.**



Debido a que la fase experimental preparto en el año 1991 coincidió con el periodo de entrenamiento de los jueces, no fue posible llevar registros de la condición corporal de las vacas al inicio y durante la aplicación de los tratamientos antes del parto. Sin embargo, en ese mismo año, se llevaron registros de la condición corporal al parto y los cambios de condición corporal postparto de las vacas, medidos cada 15 días durante la lactancia (180 días).

En 1992, la condición corporal de las vacas fue estimada: al inicio del experimento (CCI); cada 15 días durante el periodo preparto dentro de los siete días previos al parto (CAP); dentro de los siete días después del parto (CDP); y, cada 15 días después del parto, durante la lactancia. La condición corporal al parto (CCP) fue considerada como el promedio entre CAP y CDP en cada animal, y el cambio de condición corporal preparto (CCC) fue la diferencia entre CCP y CCI.

Los datos obtenidos de la condición corporal en ambos años fueron utilizados para estimar las siguientes variables de respuesta para su análisis posterior con procedimientos estadísticos: condición corporal inicial (CCI), condición corporal al parto (CCP), y cambio de condición corporal antes del parto (CCC).

#### 3.2.3.3. Producción de leche

Para la estimación de la producción de leche, a partir de datos tomados semanalmente durante la lactancia, se utilizó la técnica “pesaje-amamantamiento-pesaje” siguiendo los procedimientos descritos por Beal *et al.* (1990). La técnica consistió en separar a los becerros de sus madres por la tarde, para ser reunidos por la mañana del día siguiente, con un tiempo de separación de aproximadamente 12 horas. Antes de reunir nuevamente a las vacas con sus terneros, éstos fueron pesados individualmente; posteriormente, las madres amamantaron a sus terneros

durante 15 a 20 minutos, para volver a ser pesados los terneros inmediatamente después del amamantamiento.

La producción de leche fue estimada por diferencia de peso de los terneros antes y después del amamantamiento. Así, la producción de leche observada en un día cada semana fue multiplicada por dos, para estimar la cantidad de leche producida por la vaca en 24 horas. De ese modo, fue asumido que la cantidad de leche obtenida en un día de la semana, fue la misma que la vaca produjo diariamente durante la misma semana. De este modo, la producción de leche en 1991 fue muestreada un solo día de la semana, mientras que en 1992 la producción diaria de leche se estimó con el promedio de las mediciones hechas dos días consecutivos en cada semana, durante la lactancia.

#### **3.2.3.4. Ganancia de peso predestete de los terneros**

Se obtuvieron datos de los becerros hijos de toros Simmental y vacas de raza Angus, Suizo Pardo y sus cruza. De manera que los genotipos de los becerros fueron: S x A, S x P, S x (A x P) y S x (P x A).

Los terneros fueron pesados al nacer, dentro de las primeras 24 horas después del parto. Posteriormente, el peso vivo de los becerros fue registrado semanalmente, del nacimiento al destete, durante los 180 días que duró la lactancia. La tarde del día anterior a la determinación del peso vivo de los terneros, estos fueron separados de sus madres por un lapso de aproximadamente 12 horas. Por la mañana del día siguiente los terneros fueron pesados individualmente antes que se reunieran nuevamente con las madres. Con estas determinaciones se obtuvieron las ganancias diarias de peso de los terneros cada semana, cada mes y al destete. Así, en el año de 1991, los terneros fueron pesados un solo día de cada semana durante el periodo de lactancia, mientras que en 1992 la información del peso vivo del ternero fue el promedio de las mediciones hechas dos días consecutivos de

cada semana en el transcurso de la lactancia. La información disponible a partir del peso vivo de los becerros es: peso al nacer; la ganancia diaria de peso acumulada en los periodos del nacimiento a los 30, 60, 90, 120 y 180 días; y el peso al destete a los 180 días de la lactancia.

### 3.2.3.5. Intervalo de anestro postparto

En el periodo postparto los diagnósticos de celos se realizaron diariamente observando signos de estro en las vacas por la mañana, entre las 6 y las 8 horas; al medio día, entre las 12 y las 14 horas; y por la tarde, entre las 18 y 20 horas. Durante la época de empadre, las vacas que mostraron estro en el transcurso de la mañana fueron servidas con inseminación artificial (IA) en el transcurso de la tarde; las vacas que mostraron celo al medio día fueron inseminadas por la tarde, y en la mañana del día siguiente si aún mostraron signos de calor; del mismo modo, las vacas que mostraron estro por la noche fueron inseminadas por la mañana del día siguiente y por la tarde si aún mostraron signos de celo. Durante los 120 días después del parto, se llevaron registros de la presencia de estros observados en cada una de las vacas, obteniéndose durante este periodo, el intervalo en días del parto al primer estro observado.

### 3.3. Análisis estadístico

Las variables obtenidas en ambos estudios fueron analizadas por métodos estadísticos con el propósito de:

a). Estimar el grado de concordancia entre las evaluaciones de condición corporal estimadas por los jueces. Para ello, se utilizó el análisis estadístico propuesto por Evans (1978), el cual ha sido utilizado también por Edmonson *et al.* (1989), para obtener las correlaciones entre las evaluaciones de condición corporal hechas a un animal por un mismo juez, y entre las evaluaciones de condición corporal hechas a un mismo animal por todos los jueces. El procedimiento consideró un análisis de varianza (SAS,

1985) para obtener los componentes de varianza de los factores principales que afectan las estimaciones de la condición corporal, como son: juez, animal y la interacción entre el juez y el animal.

b). La variable denominada condición corporal preparto fue relacionada con el peso vivo preparto a través de un análisis de regresión lineal y cuadrática (SAS, 1985).

c). Las variables intervalo de anestro postparto, peso al nacer, ganancia diaria de peso predestete y peso al destete, fueron examinadas por procedimientos de análisis de varianza (GLM) y comparación de medias entre tratamientos mediante la prueba LSMEANS (SAS, 1985).

### 3.3.1. Aplicación de la escala de condición corporal

Con base en el análisis de prueba estadística de distribución UNIVARIATE, y con un nivel de significancia aceptable ( $P < .02$ ) la condición corporal fue considerada como una variable continua y de distribución normal, y los efectos del genotipo de la vaca, juez, interacción vaca\*juez, y repetición dentro de juez, sobre la condición corporal, fueron probados a través del análisis de varianza y obtenidos los componentes de varianza por REML y VARCOMP (SAS, 1985).

Con base en lo anterior, el modelo estadístico utilizado fue el siguiente (Evans, 1978):

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + J_j + (V*J)_{ij} + R_{k(j)} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

$Y_{ijkl}$  = es la calificación de condición corporal de la *i*-ésima vaca, otorgada por el *j*-ésimo juez, en la *k*-ésima evaluación (repetición), con el *l*-ésimo error experimental;

$\mu$  = es la media general;

$V_i$  = es el efecto aleatorio de la *i-ésima* vaca ( $i = 1 \dots n$ );

$J_j$  = es el efecto aleatorio del *j-ésimo* juez ( $j = 1 \dots m$ );

$(V*J)_{ij}$  = es la interacción entre los efectos aleatorios de la *i-ésima* vaca y el *j-ésimo* juez;

$R_{k(j)}$  = es el efecto fijo de la *k-ésima* repetición dentro del *i-ésimo* juez, ( $k = 1 \dots p$ )

$\varepsilon_{ijkl}$  = es el efecto aleatorio del error experimental inherente a la *l-ésima* observación de condición corporal en la *k-ésima* evaluación hecha por el *j-ésimo* juez sobre la *i-ésima* vaca.

El modelo antes descrito asume que las desviaciones' del error experimental, así como los efectos aleatorios de vaca, juez y la interacción vaca\*juez, tienen  $NI \sim (0, \sigma^2_e)$ ,  $NI \sim (0, \sigma^2_v)$  y  $NI \sim (0, \sigma^2_j)$ , respectivamente.

El modelo asume que las calificaciones sucesivas de condición corporal emitidas por un juez en particular fueron independientes, y que cada juez emitió sus calificaciones sobre un mismo animal de manera independiente a los demás jueces. La repetición de la valoración hecha por cada juez, fue incluida como un efecto fijo en el modelo para analizar la posibilidad de que un juez pudiera tener la tendencia a otorgar una calificación diferente en una segunda o posterior evaluación sobre un mismo animal.

A partir del análisis de varianza, fueron obtenidos los componentes de varianza de vaca ( $\sigma^2_v$ ), juez ( $\sigma^2_j$ ), interacción vaca\*juez ( $\sigma^2_{vj}$ ), repetición dentro de juez ( $\sigma^2_{r(j)}$ ) y error experimental ( $\sigma^2_e$ ).

De esta manera las esperanzas de los cuadrados medios esperados fueron las siguientes (Evans, 1978):

| Efecto             | Esperanza de los cuadrados medios                               |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Vaca               | $\sigma_e^2 + p\sigma_{vj}^2 + mp\sigma_v^2$                    |
| Juez               | $\sigma_e^2 + n\sigma_{r(j)}^2 + p\sigma_{vj}^2 + np\sigma_j^2$ |
| Vaca * Juez        | $\sigma_e^2 + p\sigma_{vj}^2$                                   |
| Repetición         | $\sigma_e^2 + n\sigma_{r(j)}^2$                                 |
| Error experimental | $\sigma_e^2$                                                    |

En estas esperanzas de los cuadrados medios se consideró que  $p$ ,  $m$  y  $n$  se refieren a valores constantes atribuidos al efecto de la interacción entre la vaca y el juez, efecto de vaca y efecto de juez, respectivamente.

Los estimadores de los componentes de varianza fueron utilizados para obtener el grado de precisión con el cual la condición corporal de un animal puede ser medida a través de la estimación de algunas correlaciones intraclase. Así, fue estimada la correlación entre el valor de la condición corporal de una vaca, emitido en una ocasión por un juez, y el valor de la calificación de condición corporal que el mismo juez otorgó a la misma vaca en una segunda ocasión.

La correlación dentro de juez, denominada repetibilidad, se representó mediante la expresión:

$$r_1 = \frac{\sigma_v^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{vj}^2}{\sigma_v^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{vj}^2 + \sigma_e^2}$$

Asimismo, la correlación entre el valor de condición corporal de una vaca otorgada por un juez y el valor de condición corporal de la misma vaca otorgado por otros jueces también puede ser estimada a partir de los componentes de varianza del animal entre la varianza total. Esta correlación



entre jueces se le ha denominado reproducibilidad ( $r_2$ ) la cual es representada como:

$$r_2 = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{vj}^2 + \sigma_e^2}$$

Mediante estos procedimientos fue posible comparar tanto la variabilidad de la condición corporal para cada animal dentro de juez, como la variabilidad de la condición corporal dada a todos los animales entre jueces.

Los valores de  $r_1$  y  $r_2$  estimaron el grado de apropiación que los jueces tuvieron de los criterios propuestos por la escala de condición corporal y bajo el supuesto de que si  $r_1$  y  $r_2$  tienen valores altos entonces existe un alto grado de concordancia dentro y entre jueces, por lo que la escala es apropiada para ser aplicada por cualesquiera de los jueces participantes.

### 3.3.2. Desarrollo experimental

A partir de los resultados de la validación de la escala para estimar la condición corporal en vacas, se procedió al análisis de los datos de los cambios de peso vivo y de la condición corporal preparto, así como de los efectos de la nutrición preparto y la condición corporal al parto sobre la producción de leche de la vaca, el peso al nacer, la ganancia diaria de peso predestete y el peso al destete de los terneros y sobre el periodo de anestro postparto en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruasas recíprocas.

#### 3.3.2.1. Cambio de peso vivo y condición corporal antes del parto

Por análisis de varianza y regresión (SAS, 1985) fueron analizados los efectos de la nutrición preparto, el genotipo de la vaca, el número de parto de la vaca y el sexo del feto sobre el cambio de peso vivo y el cambio de la condición corporal preparto, y sobre la condición corporal inicial al parto.

Para ello, se relacionaron cuatro variables: el peso vivo inicial y la condición corporal inicial medidas ambas al comienzo de la fase experimental preparto; asimismo, fueron considerados en el análisis, el peso vivo al parto y la condición corporal al parto.

El peso vivo inicial (PVI) fue ajustado por el peso del útero grávido con base en el periodo de gestación de la vaca al inicio del experimento. La fórmula general con la cual se relacionó el peso del útero grávido (feto y sustancias intrauterinas) con el peso del feto en un día determinado de la gestación fue (ARC, 1980):

$$\text{Log}_{10} Y = a - be^{-cx}$$

donde:

Y = peso del feto

X = un día determinado dentro del periodo de gestación

a = una constante cuyo valor es 2.932

b = una constante con valor de 3.347

c = una constante con valor de .00621, y

e = valor constante del logaritmo natural (Ln) 2.7183

El peso del útero grávido estimado para cada vaca fue removido por diferencia del peso vivo inicial (PVI) con lo cual se obtuvo el peso inicial corregido (PIC).

El cambio de peso vivo (CPV) preparto fue obtenido por diferencia entre el peso de la vaca al parto y el peso inicial corregido (CPV = PVP - PIC). Asimismo, el cambio de condición corporal (CCC) antes del parto fue calculado por diferencia entre la condición corporal al parto y la condición corporal inicial (CCC = CCP - CCI). Ambas variables, CPV y CCC, fueron examinadas por procedimientos de análisis de regresión lineal y cuadrática (SAS, 1985), para lo cual se aplicó el siguiente modelo general:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

donde:

$Y$  = es la variable de respuesta peso vivo;

$X$  = es la variable independiente condición corporal de la vaca en su forma lineal, (escala 1 a 9, por lo que  $x = 1 \dots 9$ ), y

$X^2$  = es la variable independiente condición corporal de la vaca en su forma cuadrática;

$\beta_0$  = es el intercepto en el eje de las abscisas, y

$\beta_1$  y  $\beta_2$  = son los coeficientes parciales de regresión, asociados con cada una de las variables independientes, en su forma lineal y cuadrática e indican el valor de la pendiente asociada al cambio de peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal.

### 3.3.2.2. Producción de leche de la vaca y ganancia de peso predestete de los terneros

Las variables producción de leche a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia, peso al nacer, peso al destete y la ganancia diaria de peso acumulada a los 30, 60, 90, 120, y 180 días de edad de los terneros fueron analizadas por procedimientos de ANOVA y comparación de medias por LSMEANS (SAS, 1985), para lo cual se utilizó el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + T_j + G_k + \beta NP_l + SC_m + (A*T)_{ij} + (A*G)_{ik} + (T*G)_{jk} + E_{ijklmn}$$

donde:

$Y_{ijklmn}$  = es una observación de la producción de leche, peso al nacer, ganancia diaria de peso y peso al destete de la vaca con la cría del *m-ésimo* sexo, en el *l-ésimo* parto, del *k-ésimo* genotipo de la vaca alojada en el *j-ésimo* tratamiento, durante el *i-ésimo* año de parto;

$\mu$  = es la media general;

$A_i$  = es el efecto fijo del *i-ésimo* año de parto de la vaca ( $i=1,2$ );

$T_j$  = es el efecto fijo del *j-ésimo* tratamiento o nivel de alimentación preparto ( $j=1, \dots, 4$ );

- $G_k$  = es el efecto fijo del *k-ésimo* genotipo de la vaca ( $k=1,...,3$ );
- $\beta NP_l$  = es el efecto fijo del *l-ésimo* número de parto de la vaca incluido como covariable ( $l=1,...,9$ );
- $SC_m$  = es el efecto aleatorio del *m-ésimo* sexo de la cría ( $m=1,2$ );
- $(A*T)_{ij}$  = es el efecto de la interacción entre el *i-ésimo* año de parto y el *j-ésimo* nivel de alimentación preparto;
- $(A*G)_{ik}$  = es el efecto de la interacción entre el *i-ésimo* año de parto y el *k-ésimo* genotipo de la vaca;
- $(T*G)_{jk}$  = es el efecto de la interacción entre el *j-ésimo* nivel de energía en la dieta preparto y el *k-ésimo* genotipo de la vaca; y
- $E_{ijklmn}$  = efecto aleatorio del error experimental inherente a cada observación, donde se asume que  $N(0, \sigma_e^2)$ .

En un modelo estadístico similar, la producción de leche, el peso al nacer, la ganancia diaria de peso predestete y el peso al destete fueron analizados incluyendo como variable independiente a la condición corporal al parto y como covariable del comportamiento de los terneros, a la producción de leche de la vaca en cada tratamiento.

### 3.3.2.3. Periodo de anestro postparto

Los datos del intervalo del parto al primer estro observado fueron registrados y analizados por procedimientos de análisis de varianza y comparación de medias LSMEANS (SAS, 1985), para lo cual se utilizó el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijkln} = \mu + A_i + T_j + G_k + \beta NP_l + SC_m + (A*T)_{ij} + (A*G)_{ik} + (T*G)_{jk} + \varepsilon_{ijklmn}$$

donde:

$Y_{ijklm}$  = es una observación del periodo de anestro postparto de la vaca del *k-ésimo* genotipo, *l-ésimo* parto, alojada en el *j-ésimo* tratamiento, del *i-ésimo* año de parto;

$\mu$  = es la media general;

$A_i$  = es el efecto fijo del *i-ésimo* año de parto de la vaca ( $i=1,2$ );

$T_j$  = es el efecto fijo del *j-ésimo* nivel de energía en la dieta preparto ( $j=1,\dots,4$ );

$G_k$  = es el efecto aleatorio del *k-ésimo* genotipo de la madre ( $k=1,\dots,3$ );

$\beta NP_l$  = es el efecto fijo de la covariable número de parto de la madre, ( $l=1,\dots,9$ );

$Sc_m$  = es el efecto aleatorio del *m-ésimo* sexo de la cría, ( $m=1,2$ );

$(A*T)_{ij}$  = es el efecto de la interacción entre el *i-ésimo* año de parto y el *j-ésimo* nivel de energía en la dieta preparto;

$(A*G)_{ik}$  = es el efecto de la interacción entre el *i-ésimo* año de parto y el *k-ésimo* genotipo de la vaca;

$(T*G)_{jk}$  = es el efecto de la interacción entre el *j-ésimo* nivel de energía en la dieta preparto y el *k-ésimo* genotipo de la vaca; y

$E_{ijklmn}$  = es el efecto aleatorio del error experimental inherente a cada observación y se asume que  $NI \sim (0, \sigma_e^2)$ .

En un modelo estadístico similar, el intervalo del parto al primer estro observado fue analizado considerando como variable independiente a la condición corporal al parto (CCP) y como covariable a la producción de leche acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En esta sección se presentan, analizan y discuten los resultados de la evaluación de una escala para estimar la condición corporal, los efectos de la nutrición preparto y de la condición corporal al parto de la vaca sobre la producción de leche, el crecimiento de sus terneros durante la lactancia, y sobre el comportamiento reproductivo de éstas después del parto.

### 4.1. Aplicación de la escala de condición corporal por apreciación visual

Los resultados del análisis de varianza, referidos en el Cuadro 10, muestran diferencias significativas ( $P < .01$ ) entre las medias de condición corporal de las vacas de raza Brahman, Indobrasil y Suizo Pardo, así como entre las evaluaciones emitidas por los jueces en relación a las razas. Asimismo, la interacción raza\*juez afectó ( $P < .08$ ) a la condición corporal de las vacas, no así la repetición dentro de juez, la cual fue no significativa ( $P > .10$ ).

#### 4.1.1. Efecto del genotipo de la vaca

Se observó que las vacas Brahman tuvieron una condición corporal mayor ( $P < .01$ ) que las vacas Indobrasil y Suizo Pardo, siendo este último genotipo el que presentó una condición corporal moderadamente pobre, pues la media fue de 3.91 ( $\pm 0.03$ ), en comparación con 5.06 ( $\pm 0.03$ ) y 4.78 ( $\pm 0.03$ ) correspondientes a la vaca Brahman e Indobrasil, respectivamente. Dado que la condición corporal de un animal puede ser afectada por las condiciones ambientales (clima, nutrición y manejo) y por el genotipo, lo cual refleja la habilidad del animal para adaptarse al medio a través de los cambios en los procesos metabólicos y su capacidad para almacenar, distribuir y utilizar sus reservas corporales (Wright y Russel, 1984a,b) es posible que las vacas Suizo Pardo están siendo mayormente afectadas por la interacción entre el genotipo y el ambiente y su condición corporal sea menor a la de las otras razas. Además, es probable que las evaluaciones



**Cuadro 10. Medias de mínimos cuadrados de condición corporal (CC) para raza de la vaca y juez, con base en una escala de 9 puntos**

| Variable          | No. de Observaciones <sup>1</sup> | CC(X±EE)                  | Probabilidad |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------|
| <b>Raza</b>       |                                   |                           | <b>.0001</b> |
| Brahman           | 1576 (206)                        | 5.06 ± 0.03 <sup>a</sup>  |              |
| Indobrasil        | 1516 (207)                        | 4.78 ± 0.03 <sup>b</sup>  |              |
| Suizo Pardo       | 1192 (149)                        | 3.91 ± 0.03 <sup>c</sup>  |              |
| <b>Juez*</b>      |                                   |                           | <b>.0001</b> |
| 1                 | 912(456)                          | 4.73 ± 0.04 <sup>a</sup>  |              |
| 2                 | 1124(562)                         | 4.61 ± 0.03 <sup>ab</sup> |              |
| 3                 | 1124(562)                         | 4.53 ± 0.03 <sup>bc</sup> |              |
| 4                 | 1124(562)                         | 4.47 ± 0.03 <sup>c</sup>  |              |
| <b>Raza* Juez</b> |                                   |                           | <b>.0721</b> |

<sup>1</sup>Entre paréntesis se presenta el número de vacas que fueron evaluadas; cada vaca fue valorada en su CC por 3 jueces como mínimo y cada juez evaluó dos veces a cada una de las vacas, con lo cual se obtuvieron para el análisis 4284 observaciones.

<sup>abc</sup>Medias con distinta literal son diferentes (P<.01).

\*La repetición de la evaluación de CC dentro de juez fue no significativa (P>.10).

subjetivas de la condición corporal puedan contener errores provenientes de quienes juzgaron a los animales (jueces) por la utilización de la escala cuyo criterio de evaluación no consideró las diferencias en algunas características corporales entre los distintos grupos genéticos evaluados. Esto tiene sentido si se considera que el ambiente físico por sí mismo ejerce grandes influencias sobre la condición corporal del animal, directamente por efecto de las temperaturas extremas, la radiación, el viento y la humedad, e indirectamente a través de las fluctuaciones en la calidad y cantidad del forraje disponible, y que esas influencias tienen un mayor impacto en las regiones tropicales de clima seco y en las regiones áridas y semiáridas de clima extremo, en comparación con las regiones de clima templado y tropicales húmedas (Buck y Light, 1982; Hunter y Buck, 1985).

Por otro lado, debido a las diferencias existentes en la condición corporal entre las razas estudiadas, es conveniente considerar la existencia de la interacción del genotipo con el medio ambiente, y considerar diferencias en la forma en que cada genotipo distribuye internamente sus reservas corporales, lo cual ayudaría a explicar las diferencias en la condición corporal de los genotipos estudiados. En ese sentido, y considerando que el presente estudio fue realizado en una región tropical subhúmeda, donde las condiciones del medio ambiente y sistema de manejo a que estuvieron sometidas las vacas, así como el estado fisiológico de ellas, fueron muy similares, es probable que las razas cebuinas, como la Brahman y la Indobrasil, muestren mayor adaptación que la raza Suizo Pardo a las condiciones ambientales del trópico subhúmedo que imperan en la región de Las Huastecas y por ello, puedan almacenar mayor cantidad de grasa subcutánea lo que permite expresar una condición corporal mayor. Es también probable que las vacas Suizo Pardo sean más afectadas por el estrés para mantener estables los procesos metabólicos y la temperatura corporal y en consecuencia se vean afectados negativamente el consumo de

alimento y la utilización del forraje, así como el metabolismo de las grasas y proteínas.

Por otra parte, las reservas de energía de un animal se almacenan principalmente en forma de grasa, pero se distribuyen de manera diferente entre una raza y otra, de modo que las razas procedentes de *Bos indicus* tienden a acumular mayormente los excesos de grasa en el tejido subcutáneo, mientras que las razas que proceden de *Bos taurus*, depositan los excedentes de grasa en forma intramuscular y alrededor de los órganos internos (Wright y Russel, 1984a). Debido a que la grasa subcutánea y abdominal es más fácilmente utilizada para cubrir los requerimientos de energía que la grasa intramuscular, es probable que, ante la mayor demanda de energía para mantenimiento, las vacas Suizo Pardo hagan mayor uso de la grasa subcutánea y grasa abdominal que las vacas Brahman e Indobrasil y por ello la condición corporal sea menor en Suizo Pardo cuando ambos genotipos reciben un manejo similar.

También debe considerarse que al momento de la evaluación el mayor número de vacas se encontraban en la primera o segunda fase de la lactancia, por lo que el nivel de producción de leche entre genotipos quizás pudo influir sobre la cantidad de reserva corporal, debido a que la producción de leche demanda altas cantidades de nutrientes, lo cual pudo afectar mayormente a las vacas Suizo Pardo, ya que esta raza es considerada como de doble propósito (leche y carne). Es conveniente indicar que las razas seleccionadas para la producción de leche poseen una estructura ósea de mayor grosor y tamaño que la estructura ósea del ganado productor de carne, con lo cual la relación entre el porcentaje de grasa, hueso y músculo es diferente entre los dos grupos de animales.

Esas diferencias en la estructura corporal, las cuales se reflejan hacia el exterior del cuerpo, también están presentes entre genotipos seleccionado

para el mismo propósito (sea leche o sea carne), debido a que los animales pueden ser de tipo pequeño, mediano o grande, lo cual altera las características corporales visibles en el animal vivo. Así, la apariencia externa de la estructura ósea del animal, independientemente de la cantidad de grasa corporal presente en el tejido subcutáneo, pudo influir en el presente estudio, para que el conjunto de jueces observaran mayor condición corporal en las vacas Brahman que en las vacas Indobrasil, aun cuando ambas razas están orientadas, fundamentalmente, a la producción de carne. No obstante lo anterior, las diferencias observadas entre las vacas Brahman e Indobrasil son difíciles de explicar únicamente con base en la composición corporal y al nivel de producción de leche, ya que estas razas han sido seleccionadas para similar propósito (producción de carne), por lo que es posible, que las diferencias en el tamaño corporal entre una y otra raza afecten el consumo de alimento y los requerimientos para mantenimiento y por consiguiente la condición corporal sea alterada.

Por lo discutido anteriormente, es deseable que, con base en las características anatómicas propias de cada raza y la forma en que los animales distribuyen sus reservas corporales, el diseño y aplicación de una escala de condición corporal deba ser adecuado a las particularidades corporales de una raza o grupos de razas de similar complexión.

#### 4.1.2. Efecto del juez que evaluó la vaca

Independientemente de la raza de la vaca, las medias de condición corporal entre jueces estuvieron dadas en un rango de 4.47 a 4.73 (Cuadro 10). Fue evidente que los jueces 1 y 2 otorgaron calificaciones de condición corporal significativamente superiores ( $P < .01$ ) a las emitidas por el juez 4, mientras que el juez 3 otorgó calificaciones intermedias y similares a los jueces 2 y 4, pero significativamente menores ( $P < .01$ ) a las calificaciones otorgadas por el juez 1. Estos resultados pueden ser explicados por diferencias en la apropiación y aplicación de los criterios de la escala entre

jueces. Por lo anterior, es probable que, con apego a los criterios de aplicación de la escala utilizada de 9 puntos (1 a 9), el conjunto de jueces hayan subestimado en mayor magnitud la condición corporal de las vacas Suizo Pardo, o bien, sobrestimaron la condición corporal de las vacas Brahman e Indobrasil.

Estas diferencias entre las evaluaciones emitidas por los jueces 1 y 2 indican que ellos tendieron a otorgar, en forma sistemática, calificaciones altas de condición corporal mientras que el juez 4 otorgó calificaciones bajas. Esto sólo puede ser explicado en función de que algunos jueces aplicaron los criterios establecidos en la escala en forma distinta, por lo que se advierte una ligera heterogeneidad entre jueces en el nivel de apropiación y manejo de los criterios propuestos por la escala utilizada. Sin embargo, las diferencias observadas entre los valores promedios de condición corporal por juez estuvieran dadas por un rango de solo .26 puntos, lo cual concuerda con diferencias aceptables, reportadas en otros estudios (Evans, 1978; Vizcarra *et al.*, 1986).

La conveniencia de adecuar los sistemas de condición corporal a las necesidades fisiológicas del animal y a las características propias de las regiones geográficas, ha sido señalada por varios investigadores (Lowman *et al.*, 1976; Pullan, 1978; Buxton, 1982; van Niekerk, 1982; Nicholson y Butterworth, 1986), para lo cual cada uno de ellos propuso un manual y una escala para evaluar la condición corporal en vacas de diferente raza y estado fisiológico, bajo ciertas condiciones ambientales y de manejo. El método descrito en el manual de Nicholson y Butterworth (1986) fue diseñado para evaluar la condición corporal del ganado Cebú (escala de 9 puntos, 1 a 9) y los criterios allí propuestos fueron adoptados en el presente estudio para evaluar la condición corporal de los hatos estudiados, pero es probable que este método no sea el más adecuado para valorar la condición

corporal de las vacas Suizo Pardo, bajo las condiciones del trópico subhúmedo.

En general, los resultados permiten destacar que en los sistemas de evaluación de condición corporal el efecto de juez es de singular importancia debido a que, el éxito en la aplicación de cualquier escala para medir la condición corporal en el ganado, depende de la aplicación correcta de los criterios de la escala por todos los jueces participantes, lo cual puede reducir o ampliar la variabilidad entre jueces y dentro de jueces, y con ello, afectar el nivel de precisión en la estimación de la condición corporal de las vacas.

#### 4.1.3. Efecto de la interacción animal\*juez

La interacción entre animal y juez ( $P < .08$ ) indicó que los criterios propuestos por la escala habilitaron a los jueces para emitir evaluaciones de condición corporal con menor sesgo, cuando cada uno de ellos aplicaron esos criterios sobre los mismos animales. El efecto de la interacción animal\*juez es un reflejo del valor de la correlación entre jueces ya que, entre mayor sea este efecto, menor será el grado de asociación entre las evaluaciones emitidas por los jueces. Por ello, el suponer algún grado de discrepancia entre las calificaciones otorgadas por los jueces en función de diferencias atribuidas al animal, el índice de reproducibilidad, el cual estima el grado de concordancia entre jueces, será menor y la calificación de la condición corporal será menos objetiva. Edmonson *et al.* (1989) enfatizaron la importancia de la experiencia entre los jueces. Ellos reportaron en su análisis de los componentes de varianza para animal, juez y la interacción animal\*juez, que los jueces, divididos en categorías de novatos, principiantes y expertos, mostraron diferencias ( $P < .01$ ) entre ellos. Sin embargo, dentro de la categoría de expertos no hubo diferencias ( $P < .10$ ) entre jueces con base en las evaluaciones de condición corporal que se realizaron en vacas lecheras. Además, la variabilidad por efecto del animal fue proporcionalmente grande, lo cual indicó que la condición corporal



estuvo dada en un rango amplio de la escala, mientras que la variabilidad de la interacción animal\*juez, así como la repetición dentro de juez fueron no significativas ( $P>.10$ ), lo cual es similar a los resultados del presente estudio.

#### 4.1.4. Índices de repetibilidad y reproducibilidad de la escala

Como resultado del presente estudio, en el Cuadro 11 se muestran los componentes de varianza de vaca, juez, interacción vaca\*juez, repetición dentro de juez y el error, así como los índices de repetibilidad ( $r_1$ ) y reproducibilidad ( $r_2$ ). La repetibilidad obtenida fue del orden de .89, .86 y .87 para cada grupo de vacas de las razas Brahman, Indobrasil y Suizo Pardo, respectivamente; en tanto que la reproducibilidad fue de .84, .75 y .86 para cada raza en el mismo orden.

Los valores de  $r_1$  pueden ser considerados altos para las tres razas, e indican que la variabilidad entre las evaluaciones de condición corporal, dadas por un juez en la primera y segunda observación, fue pequeña. Es decir, hubo un alto grado de concordancia entre las evaluaciones sucesivas que un juez hizo sobre un mismo animal, independientemente de que las calificaciones dadas hayan sobrestimado o subestimado la condición corporal real de cada animal. Estos valores de  $r_1$  reflejan un alto grado de congruencia entre la primera y segunda evaluación de condición corporal emitidas por un juez, independientemente de las valoraciones de condición corporal emitidas por los otros jueces. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el análisis de varianza, donde la influencia de las evaluaciones sucesivas (repetición) no fue significativa ( $P>.10$ ) entre los grupos raciales. Por otra parte, los valores de  $r_2$  son también altos, aunque ligeramente menores en promedio a los de  $r_1$ , e indican que hubo un alto grado de concordancia entre los jueces para otorgar valores de condición corporal sobre todas las vacas y dentro de una misma raza. Sin embargo, la varianza entre jueces fue mayor cuando la condición corporal fue asignada a las vacas Indobrasil, y menor en las razas Brahman y Suizo Pardo.

**Cuadro 11. Componentes de varianza de vaca ( $\sigma^2_v$ ), juez ( $\sigma^2_j$ ), interacción animal\*juez ( $\sigma^2_{vj}$ ), repeticiones dentro de juez ( $\sigma^2_{r(j)}$ ) y error ( $\sigma^2_e$ ) e índices de repetibilidad ( $r_1$ ) y reproducibilidad ( $r_2$ ) por raza de la vaca**

| Raza        | No. de vacas* | $\sigma^2_v$ | $\sigma^2_j$ | $\sigma^2_{vj}$ | $\sigma^2_{r(j)}$ | $\sigma^2_e$ | $\sigma^2_{Total}$ | $r_1$ | $r_2$ |
|-------------|---------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|--------------|--------------------|-------|-------|
| Brahman     | 206 (4)       | 1.0646       | 0.0154       | 0.0496          | 0.0009            | 0.1383       | 1.2688             | .89   | .84   |
| Indobrasil  | 207 (4)       | 0.9609       | 0.0005       | 0.1454          | 0.0009            | 0.1750       | 1.2827             | .86   | .75   |
| Suizo Pardo | 149 (4)       | 1.1798       | 0.0000       | 0.0135          | 0.0085            | 0.1629       | 1.3647             | .87   | .86   |

\*Entre paréntesis el número de jueces.

Las diferencias entre jueces pueden ser atribuidas a que la condición corporal de las vacas Indobrasil estuvo dada en un rango menor de la escala en comparación con la condición corporal de los otros grupos raciales, lo cual indica que la condición corporal puede ser más precisa si las vacas tienen una distribución homogénea en la amplitud de la escala de 9 puntos.

Otros estudios en los cuales se han estimado los componentes de varianza y las correlaciones dentro y entre jueces han reportado resultados similares a los obtenidos en el presente experimento. Así, Croxton y Stollard (1976), Mulvany (1977), Evans (1978) y Vizcarra *et al.* (1986), reportaron correlaciones dentro de juez entre .69 y .90 y correlaciones entre jueces de .64 a .85, por lo que, los valores de repetibilidad y reproducibilidad de la escala utilizada en el presente trabajo se ubican en los rangos de valores establecidos por investigaciones previas.

Con base en lo anteriormente discutido se pueden hacer el siguiente resumen:

- a). Es deseable adaptar los criterios de una escala para evaluar la condición corporal, determinando el grado de concordancia dentro y entre jueces en la aplicación de los mismos.
- b). La subjetividad en las evaluaciones de condición corporal utilizando una escala de 9 puntos en ganado productor de carne, puede ser disminuida si la variabilidad entre las observaciones sucesivas que un juez hace sobre un mismo animal, y entre las observaciones que todos los jueces hacen sobre cada animal, tiende a cero. Es decir, tanto el manejo sistemático de una escala como la claridad de sus criterios pueden disminuir considerablemente la variabilidad dentro y entre jueces.

- c). Los valores de los índices de repetibilidad y reproducibilidad fueron altos y constituyen los mejores indicadores del nivel de apropiación que cada juez tuvo en el uso y manejo de los criterios de evaluación de la condición corporal propuestos en la escala. Hubo un alto grado de concordancia entre la primera y segunda evaluación emitida por cada juez sobre un mismo animal. Esto fue observado porque los valores de los componentes de varianza entre las evaluaciones sucesivas que un juez hizo sobre un mismo animal para cada raza fueron pequeños y no significativos. Sin embargo hubo diferencias importantes entre jueces, siendo ésta, más relevante para las calificaciones otorgadas a las vacas Indobrasil que para las emitidas sobre vacas Brahman y Suizo Pardo.
- d). En la aplicación correcta de los criterios de una escala es fundamental la experiencia de los jueces la cual puede ser obtenida con un entrenamiento constante.

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

En este apartado se analiza el comportamiento de las variables preparto y al parto en función del nivel de alimentación ofrecida durante el último tercio de la gestación. En el análisis estadístico se utilizó únicamente la información de las variables medidas en el año 1992.

##### **4.2.1. Efecto del nivel de energía en la dieta**

Los resultados del análisis estadístico mostraron efectos significativos ( $P < .01$ ) de los tratamientos sobre todas las variables preparto y al parto (Cuadro 12). Las medias de mínimos cuadrados para el peso vivo inicial (PVI), condición corporal inicial (CCI), cambio de peso vivo (CPV), cambio en la condición corporal (CCC), peso vivo al parto (PVP) y la condición corporal al parto (CCP), son presentados en el Cuadro 13.

**Cuadro 12. Nivel de significancia de los efectos principales sobre las variables relacionadas con el peso vivo y la condición corporal en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza recíprocas**

| Efecto principal                      | n         | Variables preparto |           |           |           | Variables al parto |           |
|---------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|
|                                       |           | PVI                | CCI       | CPV       | CCC       | PVP                | CCP       |
| Tratamiento (T)                       | 4         | .0001(**)          | .0001(**) | .0001(**) | .0001(**) | .0001(**)          | .0001(**) |
| Genotipo de la vaca (G)               | 3         | .6055(NS)          | .0282(NS) | .2376(NS) | .7361(NS) | .2340(NS)          | .0098(**) |
| Número de parto                       | $\beta_1$ | .8725(NS)          | .5980(NS) | .0916(*)  | .1556(NS) | .3395(NS)          | .3505(NS) |
| Sexo del feto                         | 2         | .6074(NS)          | .9849(NS) | .0015(**) | .0476(*)  | .2425(NS)          | .0386(*)  |
| Cambio de condición corporal preparto | $\beta_2$ | .9140(NS)          | .1288(NS) | .0202(*)  | -         | .8141(NS)          | .5714(NS) |
| Cambio de peso vivo antes del parto   | $\beta_3$ | .8570(NS)          | .4105(NS) | -         | .0112(*)  | .6473(NS)          | .6505(NS) |
| T*G                                   | 12        | .3269(NS)          | .4351(NS) | .1608(NS) | .5993(NS) | .0404(*)           | .0192(*)  |

PVI es el peso vivo inicial; CCI es la condición corporal inicial; CPV es el cambio de peso vivo en el periodo de tratamiento; CCC es el cambio de condición corporal en el periodo de tratamiento; PVP es el peso vivo de la vaca inmediatamente después del parto; CCP es la condición corporal de la vaca al parto.

\* Número de clases o niveles de interacción de los efectos principales;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  indican que las variables fueron incluidas en el modelo como covariables.

\*\*P<.01, \*P<.05, \*P<.10 y <sup>NS</sup> P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

**Cuadro 13. Medias de mínimos cuadrados de las variables preparto y al parto por tratamiento, genotipo de la vaca y sexo del feto en vacas Angus, Suizo pardo y cruzas recíprocas**

| Efecto Principal           | n  | Variables preparto      |                        |                         |                         | Variables al parto      |                        |
|----------------------------|----|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
|                            |    | PVI<br>(Kg)             | CCI<br>(Unidades)      | CPV<br>(Kg)             | CCC<br>(Unidades)       | PVP<br>(kg)             | CCP<br>(Unidades)      |
| <b>Tratamiento</b>         |    | .0001(**)               | .0001(**)              | .0001(**)               | .0001(**)               | .0001(**)               | .0001(**)              |
| MM100                      | 9  | 487.2±21.4 <sup>a</sup> | 5.76±0.37 <sup>a</sup> | 15.4±10.3 <sup>a</sup>  | -0.12±0.35 <sup>a</sup> | 502.6±22.2 <sup>a</sup> | 5.64±0.33 <sup>a</sup> |
| MF60                       | 10 | 438.7±14.1 <sup>b</sup> | 4.59±0.25 <sup>b</sup> | -23.5±0.70 <sup>b</sup> | -1.77±0.24 <sup>b</sup> | 415.1±15.1 <sup>b</sup> | 2.82±0.22 <sup>b</sup> |
| FM140                      | 10 | 381.7±22.2 <sup>c</sup> | 3.04±0.38 <sup>c</sup> | 96.9±10.6 <sup>c</sup>  | 2.23±0.36 <sup>c</sup>  | 478.6±22.9 <sup>c</sup> | 5.27±0.34 <sup>a</sup> |
| FF100                      | 10 | 365.7±22.3 <sup>c</sup> | 3.36±0.39 <sup>c</sup> | 6.1±10.7 <sup>a</sup>   | -0.98±0.36 <sup>d</sup> | 371.8±23.1 <sup>b</sup> | 2.37±0.34 <sup>b</sup> |
| <b>Genotipo de la vaca</b> |    | .6055 <sup>(NS)</sup>   | .0282(*)               | .2376 <sup>(NS)</sup>   | .7361 <sup>(NS)</sup>   | .2340 <sup>(NS)</sup>   | .0098(**)              |
| Angus                      | 14 | 427.8±14.6 <sup>a</sup> | 4.82±0.25 <sup>a</sup> | 27.7±6.9 <sup>a</sup>   | -0.27±0.24 <sup>a</sup> | 455.5±15.1 <sup>a</sup> | 4.55±0.22 <sup>a</sup> |
| Suizo Pardo                | 8  | 399.3±24.2 <sup>a</sup> | 3.22±0.42 <sup>b</sup> | 9.7±11.6 <sup>a</sup>   | -0.19±0.39 <sup>a</sup> | 409.0±25.1 <sup>a</sup> | 3.02±0.37 <sup>b</sup> |
| Cruzas recíprocas          | 17 | 427.9±13.5 <sup>a</sup> | 4.52±0.23 <sup>a</sup> | 33.6±6.5 <sup>a</sup>   | -0.02±0.22 <sup>a</sup> | 461.6±13.9 <sup>a</sup> | 4.50±0.21 <sup>a</sup> |
| <b>Sexo del feto</b>       |    | .6074 <sup>(NS)</sup>   | .9849 <sup>(NS)</sup>  | .0015(**)               | .0476(*)                | .2425 <sup>(NS)</sup>   | .0386(*)               |
| Macho                      | 24 | 426.6±20.3 <sup>a</sup> | 4.19±0.35 <sup>a</sup> | -4.3±9.7 <sup>b</sup>   | -0.71±0.33 <sup>a</sup> | 422.3±21.1 <sup>a</sup> | 3.49±0.31 <sup>b</sup> |
| Hembra                     | 15 | 410.1±15.1 <sup>a</sup> | 4.18±0.27 <sup>a</sup> | 51.7±8.4 <sup>a</sup>   | 0.38±0.25 <sup>b</sup>  | 461.8±16.1 <sup>a</sup> | 4.57±0.24 <sup>a</sup> |

PVI es el peso vivo inicial de la vaca; PVP es el peso de la vaca inmediatamente después del parto; CPV es el cambio de peso vivo durante el periodo de tratamiento; CCI es la condición corporal inicial de la vaca; CCP es la condición corporal de la vaca al parto; y, CCC es el cambio de condición corporal de la vaca durante el periodo de tratamiento.

<sup>n</sup> número de observaciones por tratamiento, genotipo de la vaca y sexo del feto.

<sup>a, b, c, d</sup> medias con distinta literal son diferentes.

\*\*P<.01, \*P<.05 y <sup>NS</sup>P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.



Estos resultados muestran que el PVI fue significativamente mayor en los tratamientos MM100 y MF60, conformados ambos con vacas de condición corporal inicial moderada ( $CCI \geq 4$ , escala de 1 a 9), comparados ambos con los tratamientos FF100 y FM140, conformados inicialmente con vacas flacas ( $CCI < 4$ ). Un comportamiento similar fue encontrado en la conformación de los tratamientos con base en la variable CCI; los grupos de vacas alojadas en los tratamientos MM100 y MF60 tuvieron valores promedio en CCI de 5.76 ( $\pm 0.37$ ) y 4.59 ( $\pm 0.25$ ), respectivamente; mientras que los grupos de vacas FF100 y FM140 iniciaron la fase de tratamientos con CCI 3.36 ( $\pm 0.39$ ) y 3.04 ( $\pm 0.38$ ), respectivamente. Asimismo, las medias estadísticas para PVI y CCI fueron también diferentes entre los tratamientos MM100 y MF60, indicando que la distribución inicial de las vacas fue hecha más heterogénea dentro del grupo de vacas de CCI moderada que dentro del grupo de vacas de CCI pobre.

Las medias de mínimos cuadrados para PVP y CCP fueron mayores para las vacas del tratamiento MM100 y menores en el tratamiento FF100 ( $502.6 \pm 22.2$  kg y  $5.64 \pm 0.33$  unidades vs  $371.8 \pm 23.1$  kg y  $2.37 \pm 0.34$  unidades, respectivamente). Sin embargo, tanto el PVP como la CCP fueron mayores en el grupo de vacas FM140 ( $478.6 \pm 22.9$  kg y  $5.27 \pm 0.34$  unidades, respectivamente), que en el grupo MF60 ( $415.1 \pm 15.1$  kg y  $2.82 \pm 0.22$  unidades, respectivamente). Con ello, se observó una tendencia clara del grupo de vacas FM140 a incrementar el peso vivo y la condición corporal durante la fase experimental, mientras que en las vacas MF60 hubo decrementos en los valores de ambas mediciones. El comportamiento de las variables que estimaron los cambios del peso vivo y de la condición corporal (CPV y CCC) confirman la tendencia antes señalada e indican que los cambios en ambas medidas corporales fueron más pronunciados en los tratamientos MF60 y FM140, mientras que para los grupo de vacas MM100 y FF100, los cambios en el peso vivo y en la condición corporal fueron similares y moderadamente bajos.

Las diferencias encontradas entre los tratamientos respecto a los cambios de peso vivo y condición corporal en el último tercio de la gestación, presumiblemente, fueron producidas por efectos del nivel de energía en la dieta preparto. Las vacas de CCI moderada que llegaron al parto en condiciones corporales similar (MM100) mantuvieron constante su peso vivo y su condición corporal debido quizás a que ellas dispusieron de los nutrientes necesarios (100% de la energía metabolizable recomendados por el NRC, 1984) para cubrir los requerimientos de mantenimiento, reposición de tejidos y reservas corporales y para la gestación. Contrariamente, las vacas de CCI moderada que llegaron flacas al parto (MF60) perdieron 23.5 kg de peso vivo y 1.77 unidades de condición corporal durante el periodo de tratamiento como resultado del consumo bajo de energía (60% de los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento) durante el periodo preparto. Estos resultados confirman la idea de que el consumo restringido de energía en la dieta durante la última fase de la gestación puede producir pérdidas de peso vivo y causar que la vaca llegue al parto con condición corporal pobre.

Por otro lado, las vacas “flacas que llegaron flacas hasta el parto” (FF100) tuvieron cambios ligeros de peso vivo y de la condición corporal, debido quizás a que los nutrientes de la dieta únicamente fueron suficientes para cubrir sus necesidades de mantenimiento y crecimiento fetal, pero no para incrementar la cantidad de reservas corporales, por lo que llegaron al parto en condición corporal pobre (2.37 unidades). Contrariamente, un consumo elevado de nutrientes (140% de los requerimientos de energía metabolizable recomendados por el NRC, 1984), permitió a las vacas “flacas que llegaron con condición corporal moderada al parto” (FM140), satisfacer sus necesidades de mantenimiento y gestación y además, acumular el exceso de nutrientes disponibles transformados en reservas corporales. El consumo excesivo de energía metabolizable en la dieta permitió que el

grupo de vacas FM140 incrementara el peso vivo y la condición corporal en 96.9 kg y 2.23 unidades, respectivamente, independientemente de los requerimientos para el crecimiento y desarrollo del feto, en el último tercio de la gestación.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los reportados en otros trabajos de investigación. Efectos significativos del nivel de alimentación sobre los cambios en peso vivo y en condición corporal, en el último tercio de la gestación, han sido reportados para vacas Angus (Boyd *et al.*, 1987; Hough *et al.*, 1990), vacas o vaquillas Hereford (Corah *et al.*, 1975; Selk *et al.*, 1988; Richards *et al.*, 1989a), vacas cruzadas de Angus x Hereford (Bellows y Short, 1978, Doornbos *et al.*, 1984), cruza de Angus x Holstein (Wilson *et al.*, 1969), y cruza de Shorthorn x Galloway (Russel *et al.*, 1979; Osoro y Wright, 1992). Anteriormente, Wiltbank *et al.* (1964) también observaron efectos similares del nivel de consumo de energía en vacas Hereford, y reportaron que los cambios en condición corporal fueron dados paralelamente con cambios en el peso vivo, y que las pérdidas de peso vivo y condición corporal más severas estuvieron dadas en vacas que recibieron el 50% de la energía metabolizable recomendada, pero que los incrementos en la condición corporal fueron más rápidos en vacas que consumieron alimento con 150% de la energía requerida; asimismo, las vacas que recibieron el 100% de energía en la dieta, incrementaron el peso vivo y la condición corporal gradualmente pero de manera lenta. Otros autores también coinciden en que las vacas bien alimentadas (cubriendo los requerimientos de energía y proteína) incrementaron el peso vivo y la condición corporal antes del parto mientras que las vacas restringidas en su alimentación perdieron peso vivo y condición corporal durante todo el periodo de subnutrición (Klosterman *et al.*, 1968; Wilson *et al.*, 1969; Corah *et al.*, 1975; Selk *et al.*, 1988; Hough *et al.*, 1990).

En respuesta a las restricciones de energía en la dieta preparto se han reportado pérdidas de 10 a 65 kg de peso vivo y 0 a 2.5 unidades de condición corporal en vacas gestantes (Wilson *et al.*, 1969; Selk *et al.*, 1988; Hough *et al.*, 1990) lo cual es congruente con los resultados del presente trabajo. Asimismo, en algunas de estas investigación se ha encontrado una alta y positiva correlación entre el cambio de peso vivo y el cambio en la condición (Klosterman *et al.*, 1968; Corah *et al.*, 1975) ya que una restricción en el consumo de nutrientes en vacas preñadas es causa de movilización de la grasa y de la proteína corporal para cubrir los requerimientos de energía para la preñez (Warrington *et al.*, 1985), lo cual puede significar la remoción de hasta el 87% de la cubierta de grasa subcutánea localizada entre la décima y doceava costilla (Corah *et al.*, 1975).

En resumen, el nivel de nutrición preparto, por abajo o por arriba de los requerimientos, altera la condición corporal al parto y produce cambios en el peso vivo del animal. A mayor restricción en el consumo de energía metabolizable en el último tercio de la gestación hay mayores pérdidas en el peso vivo del animal. Sin embargo, cuando se alimenta a las vacas para mantener el peso vivo y la condición corporal constantes durante el último tercio de la gestación, puede haber un ligero incremento en el peso vivo y una disminución real de la condición corporal, dependiendo del estado fisiológico del animal.

La pérdida de peso vivo en condiciones de subnutrición, significa pérdidas de agua, grasa y proteína corporal, y la magnitud con que se remueven esos componentes, así como la profundidad de los cambios en la composición corporal, dependen del tiempo de restricción en la alimentación, de la edad del animal y de la composición de la dieta ofrecida. Cuando hay pérdida de peso, más del 50% puede provenir de la pérdida de agua, seguida de remoción de grasa (subcutánea y abdominal, fundamentalmente) y como último recurso la movilización de tejido muscular,

ya que el catabolismo de las proteínas producen aminoácidos los cuales se utilizan como fuente de energía cuando los precursores glucogénicos son limitados. De esta manera las vacas reducen o aumentan el contenido de grasa corporal, principalmente de tejido graso subcutáneo y abdominal, lo cual se manifiesta en cambios en la condición corporal.

#### 4.2.2. Efecto del genotipo de la vaca

En el Cuadro 13 se muestra el comportamiento de los diferentes genotipos sobre las variables del peso vivo y de la condición corporal, medidos antes o inmediatamente después del parto. Los resultados indicaron que hubo efecto ( $P < .05$ ) del genotipo sobre la CCI y la CCP, pero no hubo diferencias entre los genotipos sobre el CCC ( $P > .10$ ). Asimismo, las variables PVI, PVP y CPV no fueron afectadas ( $P > .10$ ) por el genotipo de la vaca.

Las vacas Angus mostraron mayor condición corporal inicial (4.82 unidades) seguidas de las cruzas recíprocas (4.52 unidades), mientras que las vacas Suizo Pardo iniciaron la fase experimental en condición corporal más pobre (3.22 unidades) que los otros genotipos. Del mismo modo, la condición corporal al parto fue similar en vacas Angus y en las cruzas recíprocas (4.55 vs 4.50 unidades, respectivamente), mientras que las vacas Suizo Pardo mantuvieron su condición corporal al parto en el rango de "pobre" (3.02 unidades). En general, el promedio de la condición corporal al parto para todas las vacas fue ligeramente menor al promedio de la condición corporal inicial. Es decir, por efecto de los niveles de consumo de energía ofreciendo una dieta preparto, hubo una compensación entre las vacas que perdieron condición corporal y las vacas que ganaron condición corporal durante la fase de tratamiento, pero la gestación fue fundamental en orientar el balance hacia pérdidas de la condición corporal. Este efecto no fue observado en el balance general del peso vivo, donde los genotipos incrementaron el peso corporal en el mismo periodo, debido quizás a



acumulación de líquidos corporales por influencia de la gestación más que por acumulación de reservas corporales.

Aunque los cambios en la condición corporal (CCC) no fueron afectados ( $P>.10$ ) por el genotipo, las vacas Angus mostraron cambios ligeramente mayores en la condición corporal en la última fase de la gestación que los cambios mostrados por las cruzas recíprocas, las cuales prácticamente no modificaron su condición corporal promedio en el periodo de estudio.

Debido a que la interacción entre tratamiento y genotipo ( $T \times G$ ) no mostró diferencias ( $P>.10$ ) sobre PVI, CCI, CPV y CCC (Cuadro 12), se puede asumir que el comportamiento entre los tres grupos genéticos fue similar para cada tratamiento sobre las variables que estimaron la condición corporal preparto. Sin embargo, dado que la interacción entre tratamiento y genotipo mostró influencias ( $P<.05$ ) en el PVP y en la CCP es también posible afirmar que para estas variables algún genotipo, en particular, se comportó de manera diferente entre dos o más tratamientos.

Los resultados antes descritos respecto al efecto del genotipo sobre los cambios del peso vivo y condición corporal, son congruentes con los reportados por otros autores. Klosterman *et al.* (1968) y Russel *et al.* (1979) no observaron diferencias en los cambios de peso vivo y en la condición corporal antes del parto en vacas Hereford y Charolais y en vacas cruzadas de Hereford x Friesian y Shorthorn x Galloway. Sin embargo, los resultados difieren con lo reportado por Bellows y Short (1978) y Wright *et al.*, (1994) quienes encontraron un efecto significativo del genotipo de la vaca sobre la condición corporal inicial y la condición corporal al parto en vacas cruzadas de Hereford x Angus, Hereford x Friesian y Shorthorn x Galloway.



Con base en los resultados obtenidos, puede indicarse que las diferencias en la condición corporal inicial y la condición corporal al parto entre los genotipos estudiados estuvieron dados posiblemente por diferencias en el consumo de alimento y por diferencias en los requerimientos de energía del animal. Sin embargo, aspectos ligados con la forma en que las diferentes razas distribuyen las reservas corporales en su cuerpo, pudo ser un factor que contribuyó a que los jueces evaluadores otorgaran menor calificación a las vacas Suizo Pardo en comparación con las calificaciones dadas a los otros dos genotipos. Es decir, que es probable que los criterios propuestos por la escala utilizada sean de mayor utilidad para estimar la condición corporal de las vacas Angus y sus cruzas que para ser utilizada en vacas Suizo Pardo.

#### 4.2.3. Efecto del número de parto de la vaca

Aunque no hubo efectos significativos entre las vacas por efecto del número de parto sobre PVI, PVP, CCI, CCP y CCC (Cuadro 12), diferencias ( $P < .10$ ) fueron observadas del número de parto sobre el cambio de peso vivo al parto (CPV), donde las vacas viejas de seis o más partos mostraron mayor pérdida de condición corporal y menores ganancias en peso vivo durante el último tercio de la gestación, mientras que las vacas de primer parto tuvieron incrementos en el peso vivo y menor pérdida en la condición corporal preparto que el resto de los animales. Las vacas de tercero a quinto parto manifestaron cambios en peso vivo y en condición corporal intermedios entre los cambios de peso vivo y de condición corporal observados en las vacas jóvenes y adultas. Estas tendencias concuerdan con lo reportado por Bellows y Short (1978) y Doornbos *et al.* (1984) quienes afirmaron que, ante restricciones en el consumo de alimento en el último tercio de la gestación, las vacas jóvenes perdieron menor peso vivo y condición corporal que las vacas adultas. Es probable que la capacidad de las vaquillas de primer parto, a conservar o aumentar su condición corporal durante la preñez, en condiciones de supuestas restricciones de energía en

la dieta, esté relacionada con un menor nivel en la cantidad de nutrientes totales requeridos para su edad y peso, mas que por una mayor eficiencia en la utilización del alimento con respecto a las vacas adultas.

#### **4.2.4. Efecto del sexo del feto**

En el Cuadro 13 se muestra el comportamiento del peso vivo y de la condición corporal preparto de la vaca en función del sexo del feto durante el último tercio de la gestación. El sexo del feto afectó significativamente al CPV ( $P<.01$ ); al CCC ( $P<.05$ ) y a la CCP ( $P<.05$ ). Estos resultados indican que las madres que gestaron crías hembras tendieron a ganar peso vivo y condición corporal durante el último tercio de la gestación (51.7 kg y 0.38 unidades, respectivamente), mientras que las vacas que gestaron crías machos perdieron 4.3 kg y 0.71 unidades de peso vivo y condición corporal, respectivamente, en periodos similares.

Estos resultando sugieren que las vacas que han concebido crías hembras tienen menores requerimientos de energía para la gestación que las vacas preñadas con crías machos debido a diferencias en el tamaño y peso del feto. De ser esto así, es posible inferir que una parte de la energía “extra” disponible en las vacas que gestaron crías hembras fue utilizada para incrementar las reservas corporales de las madres, lo cual fue reflejado en aumento del peso vivo y de la condición corporal al parto.

#### **4.3. Cambios de peso vivo y condición corporal**

A partir de las ecuaciones de predicción se analizó el comportamiento del peso vivo en función de la condición corporal con base en el nivel de energía ofrecido previo al parto y con base en el genotipo de la vaca.

##### **4.3.1. Efecto del nivel de energía en la dieta**

Los resultados mostrados en el Cuadro 14 indican que la condición corporal pudo explicar el 88%, 98%, 96% y 72% de la variación del peso vivo

**Cuadro 14. Ecuaciones de predicción del peso vivo (PV) a partir de la condición corporal (CC) en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruasas recíprocas consumiendo diferentes niveles de energía en la dieta en el último tercio de la gestación**

| Tratamiento | <i>n</i> | Ecuación de Predicción <sup>1</sup>    | R <sup>2</sup> | Nivel de significancia |
|-------------|----------|----------------------------------------|----------------|------------------------|
| MM100       | 9        | $PV = 474.98 + 21.68 CC + 21.1 (CC)^2$ | .88            | .0550                  |
| MF60        | 10       | $PV = 427.83 + 12.76 CC + 1.56 (CC)^2$ | .98            | .0942                  |
| FM140       | 10       | $PV = 411.91 + 40.68 CC$               | .96            | .0001                  |
| FF100       | 10       | $PV = 377 - 3.2 CC + 6.1 (CC)^2$       | .72            | .1251                  |

<sup>1</sup> La variable independiente incluida en el modelo estadístico fue la condición corporal de la vaca en el último tercio de la gestación en la forma lineal y cuadrática.

<sup>n</sup> Número de observaciones para cada tratamiento.

R<sup>2</sup> Es el coeficiente de determinación para las ecuaciones de regresión.

de las vacas en los tratamientos MM100, MF60, FM140 y FF100, respectivamente. El componente cuadrático de la condición corporal (CC)<sup>2</sup> fue significativo sobre el peso vivo de las vacas en los tratamientos MM100, ( $P<.06$ ) y MF60 ( $P<.10$ ) y sólo mostró una tendencia ( $P<.13$ ) a influir sobre el peso vivo en el grupo de vacas FF100, mientras que en las vacas FM140, la condición corporal afectó al peso vivo en una función lineal ( $P<.01$ ). Esto significa que para algunos rangos de la escala (1 a 3 y 7 a 9 unidades), el peso vivo cambió en función cuadrática de la condición corporal, mientras que para el rango medio de la escala (4 a 7 unidades) al peso vivo de la vaca cambió en una relación lineal al cambio de la condición corporal. Por otro lado, el cambio de peso vivo por unidad de cambio de la condición corporal fue de  $40.7 \pm 4.7$  kg para el tratamiento FM140, mientras en los otros tratamientos el cambio de peso vivo fue proporcional al cambio cuadrático de la condición corporal de la vaca en cualquier punto de la escala, por lo que el valor de dicho cambio no es único.

Los resultados antes descritos muestran gran variación por efecto de tratamientos sobre el cambio de peso vivo de las vacas en función del cambio en la condición corporal. Por lo que, las vacas de condición corporal inicial moderada que recibieron una alimentación adecuada o alta en energía, mostraron mayores cambios de peso vivo por unidad de condición corporal, lo cual puede ser atribuido a que, un pequeño incremento en el peso vivo de las vacas moderadamente gordas no logra diferenciar un cambio observable en la cantidad de grasa y músculo almacenados. Por otro lado, las vacas de CCI moderada que recibieron alimentación restringida durante la última fase de la preñez, tuvieron pérdidas considerables en el peso vivo, en una relación cuadrática al cambio de su condición corporal. Por ello, a medida que la condición corporal disminuyó, las pérdidas de peso vivo fueron mayores en las vacas que fueron severamente restringidas en su alimentación antes del parto. Es decir, el grupo de vacas MF60, fue afectado severamente en su condición corporal por el consumo limitado de energía

preparto, lo cual motivó a estas vacas a remover rápidamente sus reservas corporales para proveer los nutrientes necesarios al feto. Esto sugiere que si las vacas tienen una condición corporal inicial entre 4 y 6, el impacto en la pérdida de una unidad de condición corporal sobre el peso vivo es mayor que si las vacas son más flacas al inicio del experimento.

Sin embargo, las vacas que iniciaron el tratamiento en condición corporal pobre, pero que consumieron una dieta alta en energía, pudieron incrementar rápidamente el peso vivo en una relación lineal al cambio de la condición corporal, debido a que quizás fueron capaces de incrementar el consumo de alimento para satisfacer sus requerimientos de energía para la gestación, incrementando también la masa muscular corporal y almacenando los excedentes de energía metabolizable en forma de grasa corporal.

El comportamiento de las vacas flacas que recibieron alimento con nivel de energía metabolizable para mantener su peso vivo y conservar la condición corporal pobre (tratamiento FF100), manifestaron un alto potencial para incrementar rápidamente el peso vivo ante un aumento pequeño en la condición corporal, por lo que es probable que las vacas que han permanecido flacas por un largo periodo tengan menores requerimientos de nutrientes debido a una disminución en la actividad de los procesos metabólicos como resultado de la adaptación a las condiciones de falta de alimento de buena calidad, y que al ser superadas esas limitaciones y disponer de alimento abundante y de calidad, una mayor disponibilidad de nutrientes lleve a estos animales a restablecer primero el funcionamiento de los procesos metabólicos y a incrementar rápidamente su peso vivo quizás a partir de la hidratación celular, crecimiento del feto y llenado del tracto digestivo, más que por un aumento de la masa muscular y almacenamiento de reservas corporales, por ello, las vacas flacas que son sobrealimentadas

son capaces de mostrar un mayor cambio en el peso vivo ante un cambio moderado en la condición corporal.

Aunque no son bien conocidos los límites de los cambios en el peso vivo en relación a los cambios en la condición corporal en vacas que consumen dietas con diferentes niveles de energía, parece ser que dichos cambios dependen del tiempo y del grado de restricción en el consumo de los nutrientes, de la condición corporal inicial y del rango de la escala en que se dan dichos cambios. Con base en estos supuestos varios experimentos previos han abordado el estudio de los efectos de la nutrición sobre el cambio en el peso vivo y en la condición corporal. Hight (1966) observó que el nivel nutricional preparto afectó significativamente el peso vivo y la condición corporal de las vacas gestantes. Efectos similares han sido reportados por otros investigadores (Klosterman *et al.*, 1968; Holness *et al.*, 1978; Russel *et al.*, 1979; Doornbos *et al.*, 1984; Boyd *et al.*, 1987; Hough *et al.*, 1990). Una estrecha relación entre los cambios de peso vivo y la condición corporal, con índices de correlación de .48 a .50 han sido reportados por Nelsen *et al.* (1985) y Selk *et al.* (1988), para vacas restringidas en su alimentación y en vacas que consumieron alimento con alto contenido de energía, por lo que Selk *et al.* (1988) concluyeron que un cambio en el nivel de consumo preparto puede resultar en una alteración de la condición corporal y el peso vivo ya que los cambios en la condición corporal, generalmente modulan los cambios en el peso vivo. Esos cambios en el peso vivo y en la condición corporal por efectos del nivel nutricional han sido también estimados a partir de ecuaciones de predicción e índices de correlación para observar el comportamiento de las vacas durante el último tercio de la gestación. Frood y Croxton (1978) reportaron divergencias entre el cambio de peso vivo y el cambio en la condición corporal cuando observaron un incremento continuo en el peso vivo, mientras que la condición corporal sufrió pérdidas o permaneció constante. Esas divergencias, observadas también en los tratamientos MM100 y FF100



del presente experimento, fueron atribuidas a incrementos en los líquidos corporales y al crecimiento del feto en el proceso final de la gestación, lo cual fue acompañado en algunos casos, por remoción de grasa corporal para cubrir los requerimientos de energía de la vaca durante la preñez avanzada.

Aunque en el presente estudio no fue estimada la composición corporal de las vacas, la pérdida o ganancia de la condición corporal en vacas subalimentadas o sobrealimentadas, presumiblemente refleja movilización o almacenamiento de grasa y músculo como fuente de energía, y es posible sugerir que la predicción del cambio en peso vivo a partir de un cambio en la condición corporal durante el último tercio de la gestación puede ser útil para cuantificar la cantidad de energía removida o almacenada por el animal en ese periodo (Wright *et al.*, 1986).

No obstante que en la mayoría de los estudios realizados se han señalado los efectos de la nutrición sobre los cambios en el peso vivo y en la condición corporal, en ninguno de estos estudios se han reportado valores del cambio en el peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal para un determinado nivel nutricional, y tampoco se ha señalado si la relación entre el peso vivo y la condición corporal tienen una función cuadrática para determinado rango de una escala.

#### 4.3.2. Efecto del genotipo de la vaca

Las ecuaciones de predicción del peso vivo a partir de la condición corporal para cada genotipo, son reportados en el Cuadro 15. No hubo efectos cuadráticos de la condición corporal sobre el peso vivo para los tres genotipos estudiados, sólo fueron observados efectos lineales. La condición corporal preparto explicó el 82%, 83% y 80% de la variación del peso vivo de las vacas Angus, Suizo Pardo y cruza recíprocas, respectivamente. Asimismo, el cambio en el peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal fue 24.4, 24.8 y 28.9 kg para los tres genotipos, en el mismo orden

**Cuadro 15. Ecuaciones de predicción del peso vivo (PV) a partir de la condición corporal (CC) en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas, consumiendo diferentes niveles de energía en la dieta durante el último tercio de la gestación**

| Genotipo          | <i>n</i> | Ecuación de predicción <sup>1</sup> | R <sup>2</sup> | Nivel de significancia |
|-------------------|----------|-------------------------------------|----------------|------------------------|
| Angus             | 14       | PV = 435.8 + 24.4 CC                | .82            | .0020                  |
| Suizo pardo       | 8        | PV = 402.2 + 24.8 CC                | .83            | .0273                  |
| Cruzas recíprocas | 17       | PV = 422.6 + 28.9 CC                | .80            | .0002                  |
| Todas las razas   | 39       | PV = 424.7 + 25.3 CC                | .82            | .0001                  |

<sup>1</sup> La variable independiente incluida en el modelo estadístico fue la condición corporal de la vaca durante el último tercio de la gestación en la forma lineal y cuadrática.

<sup>n</sup> Número de observaciones para cada genotipo.

R<sup>2</sup> Es el coeficiente de determinación para las ecuaciones de regresión.

respectivo. Cuando se analizó el total de los datos, sin considerar por separado los efectos de tratamiento y raza, se observó también un cambio lineal de peso vivo con respecto a la condición corporal durante la fase de tratamientos, el cual fue de 25.3 kg por cada unidad de cambio en la condición corporal.

En relación al efecto del genotipo sobre los cambios en el peso vivo a partir de cambios en la condición corporal, es probable que exista poca variabilidad genética entre los genotipos estudiados en cuanto a sus necesidades de energía para mantenimiento ya que el efecto del nivel de energía en la dieta sobre los cambios en las mediciones corporales fue similar entre los genotipos estudiados. Así, es probable que las diferencias en el cambio de peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal puede ser atribuida, más que a los efectos genéticos, a imprecisiones de los jueces para determinar la condición corporal y su equivalencia sobre el peso vivo.

Resultados similares en la respuesta al cambio de peso vivo y al cambio en la condición corporal en diferentes genotipos han sido analizados anteriormente por otros investigadores. Frood y Croxton (1978), Grainger *et al.* (1982), Nicholson y Sayers (1986) reportaron cambios en el peso vivo durante las últimas semanas de la gestación de 24 a 42 kg por unidad de cambio en la condición corporal en vacas Holstein, Jersey, cruzadas de Holstein x Jersey y en vacas de raza *Bos indicus*, con la aplicación de escalas de 5, 8 y 9 puntos, respectivamente. Los valores estimados en el presente estudio para las vacas Angus, Suizo Pardo y cruza recíprocas se ubican dentro del rango antes mencionado, pero son inferiores al valor de 107 kg en el cambio de peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal, reportado por Osoro y Wright (1992) para vacas cruzadas de Hereford x Friesian y Shorthorn x Galloway, estimado con una escala de 6 puntos.

**Un breve resumen de los aspectos analizados sugiere que:**

- a). Los cambios en el nivel de nutrición preparto de la vaca altera su condición corporal y produce igualmente cambios en el peso vivo.**
- b). La correlación entre la condición corporal y el peso vivo es alta en la última fase de preñez ya que, generalmente, la movilización o deposición de las reservas corporales son acompañadas de pérdidas o incremento de peso vivo. Sin embargo, las discrepancias en los resultados obtenidos pueden ser observadas cuando a un aumento de peso vivo, producto del desarrollo del feto, corresponden pérdidas de condición corporal por remoción de las reservas corporales en vacas severamente subalimentadas.**
- c). A partir del cambio en la condición corporal es posible predecir los cambios en el peso vivo de los animales.**

#### **4.4. Consumo de alimento postparto**

En el año de 1992, el consumo de alimento postparto, estimado durante las primeras 14 semanas de la lactancia, fue diferente aparentemente entre los tratamientos (Cuadro 16). Debido a que el consumo de materia seca fue medido en grupo no fue posible realizar un análisis de inferencias estadísticas, por lo que únicamente se analizó el consumo de alimento por animal por día como promedio del consumo de materia seca del grupo de vacas asignado a cada tratamiento.

El consumo diario promedio de materia seca (MS) por animal en el grupo de vacas MM100, fue 0.6, 1.85 y 1.14 kg más alto que en los grupos de vacas MF60, FM140 y FF100, respectivamente. No obstante, las vacas que

**Cuadro 16. Consumo diario de materia seca (MS) de las vacas después del parto en función del nivel de energía ofrecida en la dieta durante el último tercio de la gestación<sup>1</sup>**

|                              | Tratamientos <sup>2</sup> |                   |                   |                   |
|------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                              | MM100                     | MF60              | FM140             | FF100             |
| Consumo de MS                | <i>n</i> =9               | <i>n</i> =10      | <i>n</i> =10      | <i>n</i> =10      |
| kg/animal/día                | 15.21 $\pm$ 0.23          | 14.61 $\pm$ 0.23  | 13.36 $\pm$ 0.23  | 14.07 $\pm$ 0.23  |
| kg/kg de PM/día <sup>3</sup> | 0.137 $\pm$ 0.002         | 0.151 $\pm$ 0.002 | 0.132 $\pm$ 0.002 | 0.155 $\pm$ 0.002 |

<sup>1</sup> El consumo de MS por animal por día fue estimado con base en el consumo promedio del grupo de vacas en cada tratamiento durante las primeras 14 semanas después del parto.

<sup>2</sup> MM100, MF60, FM140 y FF100 son los grupos de vacas que recibieron 100, 60, 140 y 100 % de los requerimientos de energía en la dieta preparto.

<sup>3</sup> PM es el peso metabólico (peso vivo)<sup>75</sup> promedio de las vacas en cada tratamiento.

<sup>n</sup> es el número de vacas en cada grupo o tratamiento.

estuvieron alojadas en el tratamiento FM140 consumieron menor cantidad de MS que las vacas alojadas en los tratamientos MF60 y FF100. En este sentido, únicamente las vacas que iniciaron la fase experimental con condición corporal moderada y que llegaron al parto con condición corporal moderada tuvieron mayor capacidad de consumo de alimento después del parto en comparación con el consumo de alimento postparto de las vacas que perdieron peso vivo y condición corporal durante el último tercio de la gestación (FM140) las cuales comieron menor cantidad de alimento ofrecido después del parto en comparación con el consumo promedio diario de materia seca de las vacas de los otros tratamientos.

Sin embargo, cuando el consumo de alimento diario postparto fue estimado por unidad de peso metabólico las vacas que fueron restringidas en su alimentación preparto tendieron a consumir mayor cantidad de materia seca en comparación con las vacas que fueron bien alimentadas durante el último tercio de la gestación. De este modo, las vacas alojadas en el tratamiento FF100 comieron diariamente en promedio 18 y 23 g más por kg de peso metabólico que las vacas de los tratamientos MM100 y FM140, respectivamente, mientras que el grupo de vacas MF60 consumieron diariamente 14 y 19 g más de materia seca por kg de peso metabólico que los grupos de vacas que llegaron al parto con condición corporal moderada, respectivamente.

Tendencias similares en el consumo de alimento postparto fueron observados a los 30, 60 y 90 días de la lactancia (Cuadro 17). Estos resultados concuerdan con lo reportado por varios investigadores (Garnsworthy y Topps, 1982; Grainger *et al.*, 1982; Boisclair *et al.*, 1986; Garnsworthy, 1988), quienes encontraron que las vacas que llegaron con buena condición corporal al parto mostraron un menor consumo de materia seca después del parto, mientras que las vacas que llegaron flacas al parto tuvieron un mayor consumo de alimento postparto. Algunos de estos autores



**Cuadro 17. Consumo de materia seca por unidad de peso metabólico a los 30, 60 y 90 días postparto con base en el consumo diario promedio del grupo de vacas en cada tratamiento<sup>1</sup>**

|                   | Tratamientos      |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                   | MM100             | MF60              | FM140             | FF100             |
| Periodo postparto | <i>n</i> =9       | <i>n</i> =10      | <i>n</i> =10      | <i>n</i> =10      |
| 1 a 30 días       | 0.125 $\pm$ 0.003 | 0.139 $\pm$ 0.03  | 0.125 $\pm$ 0.03  | 0.143 $\pm$ 0.03  |
| 1 a 60 días       | 0.144 $\pm$ 0.004 | 0.155 $\pm$ 0.004 | 0.131 $\pm$ 0.004 | 0.162 $\pm$ 0.004 |
| 1 a 90 días       | 0.143 $\pm$ 0.003 | 0.160 $\pm$ 0.003 | 0.141 $\pm$ 0.003 | 0.161 $\pm$ 0.004 |

<sup>1</sup> Tratamiento: MM100, MF60, FM140 y FF100 son los grupos de vacas los cuales recibieron el 100, 60, 140 y 100 de los requerimientos de energía en la dieta preparto.

<sup>2</sup> es el número de vacas en cada tratamiento.

sugieren también que las vacas que llegan al parto con condición corporal moderada o alta tienen pérdidas de peso vivo y condición corporal después del parto mucho mayores a la que tienen las vacas que llegan al parto con condición corporal pobre y que este comportamiento es más marcado durante las primeras 15 semanas de la lactancia.

Con base en estos resultados es posible inferir que las vacas que llegan con buena condición corporal al parto hacen un uso alterno de la energía consumida en la dieta postparto y la energía almacenada en las reservas corporales para la producción de leche, por lo que la tendencia será a bajar de peso y perder condición corporal equilibrando el consumo de materia seca durante los primeros meses de la lactancia. Por otro lado, es posible suponer que las vacas que llegan con condición corporal pobre al parto incrementan el consumo de alimento para recuperar parte de las reservas corporales perdidas antes del parto y para mantener niveles moderados o altos de producción de leche a fin de garantizar la sobrevivencia del ternero y preservar la especie. Estas tendencias son claramente observadas en los resultados del presente experimento, lo cual permite suponer efectos de la nutrición preparto y de la condición corporal al parto sobre la producción de leche de la vaca y el comportamiento de sus terneros en la lactancia subsecuente, a través de los niveles de consumo de alimento postparto.

#### **4.5. Producción diaria de leche**

Con el propósito de analizar el efecto de la nutrición preparto sobre el comportamiento productivo de la vaca durante la lactancia, que a su vez ayuden a explicar las diferencias en el crecimiento de los terneros y el resurgimiento de la actividad ovárica postparto, se realizó el análisis de la producción de leche acumulada en los intervalos del parto a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia de la vaca. Los resultados son presentados en los Cuadros 18 y 19.

**Cuadro 18. Niveles de significancia de los efectos principales para producción diaria de leche, acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas**

|                                                |          | Producción diaria de leche acumulada <sup>1</sup> |                       |                       |                       |                       |
|------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Efectos principales                            | <i>n</i> | LD30                                              | LD60                  | LD90                  | LD120                 | LD180                 |
| Año (A)                                        | 2        | .0056(**)                                         | .0029(**)             | .0001(**)             | .0001(**)             | .0001(**)             |
| Tratamiento (T)                                | 4        | .0004(**)                                         | .0003(**)             | .0004(**)             | .0001(**)             | .0004(**)             |
| Condición corporal al parto (CCP) <sup>2</sup> | 3        | .0002(**)                                         | .0001(**)             | .0002(**)             | .0001(**)             | .0004(**)             |
| Genotipo de la vaca (G)                        | 3        | .0020(**)                                         | .0005(**)             | .0004(**)             | .0001(**)             | .0001(**)             |
| Sexo de la cría                                | 2        | .6196 <sup>(NS)</sup>                             | .9959 <sup>(NS)</sup> | .6526 <sup>(NS)</sup> | .8818 <sup>(NS)</sup> | .8034 <sup>(NS)</sup> |
| Número de parto <sup>3</sup>                   | 9        | .0035(**)                                         | .0163(*)              | .0218(*)              | .0271(*)              | .0319(*)              |
| A*T                                            | 8        | .2207 <sup>(NS)</sup>                             | .7936 <sup>(NS)</sup> | .7814 <sup>(NS)</sup> | .3809 <sup>(NS)</sup> | .1846 <sup>(NS)</sup> |
| A*G                                            | 6        | .3670 <sup>(NS)</sup>                             | .1105 <sup>(NS)</sup> | .0491(*)              | .0080(**)             | .0011(**)             |
| T*G                                            | 12       | .8822 <sup>(NS)</sup>                             | .2849 <sup>(NS)</sup> | .1591 <sup>(NS)</sup> | .1445 <sup>(NS)</sup> | .4162 <sup>(NS)</sup> |

<sup>1</sup>LD30, LD60, LD90, LD120 y LD180 son la producción de leche acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia.

<sup>2</sup>La condición corporal al parto fue considerada en tres clases: <4; ≥ 4 a <7; y, ≥7 (escala 1 a 9).

<sup>3</sup>El número de parto (1 a 9) fue incluido como una covariable o factor de ajuste.

<sup>\*</sup>es el número de clases o niveles de interacción de los efectos principales.

<sup>\*\*</sup>P<.01, <sup>\*</sup>P<.05 y <sup>NS</sup> P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

**Cuadro 19. Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar para la producción diaria de leche, acumulada a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas**

| Efecto principal                  | n  | Producción diaria de leche acumulada <sup>1</sup> |                         |                         |                         |                         |
|-----------------------------------|----|---------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                   |    | LD30<br>(Kg)                                      | LD60<br>(Kg)            | LD90<br>(Kg)            | LD120<br>(Kg)           | LD180<br>(Kg)           |
| Año                               |    | .0056(**)                                         | .0029(**)               | .0001(**)               | .0001(**)               | .0001(**)               |
| 1991                              | 48 | 7.31±0.33 <sup>b</sup>                            | 7.44±0.26 <sup>b</sup>  | 7.16±0.25 <sup>b</sup>  | 6.92±0.24 <sup>b</sup>  | 6.15±0.24 <sup>b</sup>  |
| 1992                              | 38 | 8.23±0.37 <sup>a</sup>                            | 8.60±0.29 <sup>a</sup>  | 9.55±0.27 <sup>a</sup>  | 9.75±0.27 <sup>a</sup>  | 9.98±0.27 <sup>a</sup>  |
| Tratamiento                       |    | .0004(**)                                         | .0003(**)               | .0004(**)               | .0001(**)               | .0004(**)               |
| MM100                             | 20 | 9.23±0.52 <sup>a</sup>                            | 9.21±0.41 <sup>a</sup>  | 9.45±0.39 <sup>a</sup>  | 9.42±0.38 <sup>a</sup>  | 9.11±0.38 <sup>a</sup>  |
| MF60                              | 21 | 7.60±0.49 <sup>b</sup>                            | 7.74±0.38 <sup>b</sup>  | 8.06±0.37 <sup>b</sup>  | 8.04±0.39 <sup>ab</sup> | 8.01±0.36 <sup>b</sup>  |
| FM140                             | 23 | 8.20±0.54 <sup>ab</sup>                           | 8.44±0.42 <sup>ab</sup> | 8.78±0.40 <sup>ab</sup> | 8.90±0.39 <sup>ab</sup> | 8.36±0.39 <sup>ab</sup> |
| FF100                             | 28 | 6.05±0.50 <sup>c</sup>                            | 6.70±0.38 <sup>c</sup>  | 7.11±0.36 <sup>c</sup>  | 6.97±0.35 <sup>c</sup>  | 6.80±0.35 <sup>c</sup>  |
| Condición corporal al parto (CCP) |    | .0002(**)                                         | .0001(**)               | .0002(**)               | .0001(**)               | .0004(**)               |
| < 4                               | 42 | 6.81±0.34 <sup>b</sup>                            | 7.15±0.27 <sup>b</sup>  | 7.55±0.25 <sup>b</sup>  | 7.47±0.24 <sup>b</sup>  | 7.36±0.25 <sup>b</sup>  |
| ≥ 4 a < 7                         | 37 | 9.09±0.41 <sup>a</sup>                            | 9.00±0.32 <sup>a</sup>  | 9.28±0.31 <sup>a</sup>  | 9.40±0.30 <sup>a</sup>  | 8.97±0.30 <sup>a</sup>  |
| ≥ 7                               | 07 | 7.81±1.07 <sup>ab</sup>                           | 8.22±0.84 <sup>ab</sup> | 8.12±0.81 <sup>ab</sup> | 7.82±0.78 <sup>b</sup>  | 7.58±0.80 <sup>b</sup>  |
| Genotipo de la vaca               |    | .0020(**)                                         | .0005(**)               | .0004(**)               | .0001(**)               | .0001(**)               |
| Angus                             | 32 | 6.39±0.43 <sup>b</sup>                            | 6.81±0.34 <sup>b</sup>  | 7.16±0.32 <sup>b</sup>  | 7.10±0.31 <sup>b</sup>  | 6.73±0.32 <sup>b</sup>  |
| Suizo Pardo                       | 18 | 8.52±0.55 <sup>a</sup>                            | 8.67±0.43 <sup>a</sup>  | 9.03±0.41 <sup>a</sup>  | 9.10±0.40 <sup>a</sup>  | 8.98±0.40 <sup>a</sup>  |
| Cruzas recíprocas                 | 36 | 8.39±0.37 <sup>a</sup>                            | 8.58±0.29 <sup>a</sup>  | 8.85±0.27 <sup>a</sup>  | 8.80±0.27 <sup>a</sup>  | 8.49±0.27 <sup>a</sup>  |
| Sexo de la cría                   |    | .6196(NS)                                         | .9959(NS)               | .6526(NS)               | .8818(NS)               | .8034(NS)               |
| Machos                            | 51 | 7.90±0.33                                         | 8.02±0.26               | 8.44±0.25               | 8.37±0.24               | 8.12±0.24               |
| Hembras                           | 35 | 7.63±0.41                                         | 8.02±0.33               | 8.26±0.32               | 8.31±0.30               | 8.02±0.30               |

<sup>1</sup> LD30, LD60, LD90, LD120 y LD180 son producción de leche acumulado a los 30,60,90,120 y 180 días de lactancia.

<sup>a</sup> Número de observaciones por año de lactancia, tratamiento, condición corporal de la vaca al parto (CCP), genotipo de la vaca y sexo de la cría.

<sup>a,b,c</sup> medias con distinta literal son diferentes.

\*\*P<.01, \*P<.05 y <sup>NS</sup>P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

#### 4.5.1. Efecto del año de lactancia

La producción diaria de leche acumulada fue significativamente diferente entre los dos años estudiados. Estas diferencias estuvieron dadas durante los primeros 30 días de la lactancia ( $P < .05$ ), y en los periodos del parto a los 60, 90, 120 y 180 días de lactancia ( $P < .01$ ), respectivamente, resultando en que la producción diaria de leche en el primer año fue 0.92, 1.16, 2.39, 2.83 y 3.83 kg menor que en el segundo año para los intervalos acumulados del parto a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia, respectivamente. Estas diferencias pueden ser atribuidas a deficiencias en el manejo general del hato durante el primer año, pero principalmente, a diferencias en el control nutricional de las vacas durante la fase de tratamiento y durante la lactancia, resultando estos ser más favorables en el segundo año, por lo que, las vacas expresaron mejor su potencial de producción en el último año estudiado. Estos resultados concuerdan con los reportados por Mejía *et al.* (1983), Pérez *et al.* (1986) y Lara (1989) quienes señalaron que las diferencias en el nivel de producción de leche entre años pueden estar dadas por mejoras en el manejo general del hato y, adicionalmente, por el progreso genético del hato, así como por muchos otros factores ambientales, incluyendo el nivel de nutrición.

#### 4.5.2. Efecto del nivel de energía en la dieta

Los resultados del análisis estadístico reportadas en el Cuadro 18, muestran diferencias ( $P < .01$ ) entre tratamientos sobre la producción diaria de leche en cada uno de los periodos acumulados de lactancia. Las medias de mínimos cuadrados por tratamiento (Cuadro 19) indican que las vacas que tuvieron un consumo alto de energía preparto produjeron más leche en todos los periodos acumulados de lactancia en comparación con las vacas que fueron restringidas en su alimentación antes del parto. El grupo de vacas MM100 produjo en promedio 3.18, 2.51, 2.34, 2.45 y 2.31 kg de leche más diariamente en el respectivo periodo de lactancia comparado con la producción de leche del grupo de vacas alojadas en el tratamiento FF100.

Asimismo, las vacas que recibieron un exceso de energía en la dieta preparto (FM140) produjeron diariamente una cantidad de leche similar a la de las vacas a las cuales se les ofreció una dieta con un nivel de energía adecuado, mientras que las vacas MF60 produjeron cantidades intermedias entre los grupos de vacas MM100 y FF100. Por otro lado, las vacas del tratamiento FF100 mostraron menor producción de leche que los demás grupos de vacas alojados en los otros tratamientos, en todos los periodos analizados.

Los resultados muestran también una interacción entre el nivel de energía ofrecido en la dieta preparto y la condición corporal de la vaca al inicio del periodo de tratamientos, sobre la producción diaria de leche postparto. Las vacas que iniciaron la fase de tratamientos con condición corporal moderada, pero que recibieron una dieta con el 60% de la energía requerida durante la última fase de la gestación, produjeron en promedio 1.63, 1.47, 1.39, 1.38 y 1.10 kg de leche por día menos en cada uno de los periodos de lactancia respectivos, en comparación con las vacas que iniciaron el tratamiento con condición corporal moderada y que recibieron el 100% de la energía requerida durante el último tercio de la gestación. Por otro lado, las vacas que iniciaron el experimento con condición corporal pobre, pero que recibieron una sobrealimentación durante la fase de tratamientos (40% más de la energía requerida), incrementaron la producción diaria de leche en 2.15, 1.74, 1.67, 1.93 y 1.56 kg por arriba del nivel de producción de leche promedio observado en el grupo de vacas que iniciaron y se mantuvieron durante la fase de tratamientos en condición corporal pobre, consumiendo la dieta con contenido de energía solo para mantenimiento.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Treacher (1970), Broster (1971), Grainger y McGowan (1982), y Reyes (1992), quienes sugieren que una desnutrición severa al final de la gestación puede



contribuir a restringir la producción de leche de la lactancia subsecuente, sobre todo, durante las primeras 12 semanas después del parto, periodo en el cual existe un desbalance energético corporal. Esto debido a que parte de la energía consumida en el alimento después del parto, es compartida para la producción de leche y otra parte para la recuperación de tejido corporal removido antes del parto. Sin embargo, una subalimentación moderada antes del parto puede ser superada con un nivel adecuado de energía en la dieta durante la lactancia (Broster, 1971). De este modo, la producción de leche de la siguiente lactancia es afectada por la nutrición previa al parto, dependiendo del nivel de restricción nutricional y del tiempo que dure esa restricción antes del parto; por la condición corporal de la vaca al parto, y por la nutrición postparto.

#### 4.5.3. Efecto de la condición corporal de la vaca al parto

Hubo efectos ( $P < .01$ ) de la condición corporal al parto (CCP) sobre la producción diaria de leche acumulada en los periodos del parto a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia (Cuadro 18). Las vacas que llegaron al parto con condición corporal pobre ( $CCP < 4$ ) produjeron 2.28, 1.85, 1.73, 1.93 y 1.61 kg de leche menos que el promedio de la producción diaria de leche observada en las vacas que llegaron al parto en condición corporal moderada ( $CCP \geq 4$  a  $< 7$ ), en los periodos de lactancia estudiados. Por otro lado, las vacas que llegaron al parto con excesiva gordura ( $CCP \geq 7$ ) mostraron un comportamiento intermedio entre las vacas de condición corporal pobre o moderada con respecto a la producción de leche diaria observada durante los primeros 90 días de lactancia pero su producción diaria de leche fue similar a la de las vacas que llegaron flacas al parto durante los periodos del parto a los 120 y 180 días de lactancia.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los reportados en varias investigaciones (Rogers *et al.*, 1979; Grainger *et al.*, 1982; Kunz *et al.*, 1985; Holter *et al.*, 1990; Reyes, 1992; Girón y Hernández,

1995) los cuales concluyeron que la condición corporal de la vaca al parto tuvo efectos importantes sobre la producción de leche en la lactancia subsecuente. No obstante, otros investigadores (Fronk *et al.*, 1980; Garnsworthy y Topps, 1982) no encontraron efecto de la condición corporal al parto sobre la producción de leche posterior, e indicaron que la producción de leche está determinada mas por el nivel de nutrición postparto que por la condición corporal al parto, aunque se reconoce una influencia de la interacción entre el nivel de nutrición antes del parto, el cambio de condición preparto y el nivel de nutrición postparto sobre la producción de leche de la vaca (Gardner, 1969; Rogers *et al.*, 1979; Land y Leaver, 1980, Treacher *et al.*, 1986).

Las diferencias observadas entre vacas de condición corporal pobre y vacas de condición corporal moderada al parto, en cuanto a la producción de leche en la lactancia subsecuente, pueden estar dadas por efectos de la partición de los nutrientes provenientes del alimento consumido después del parto y de los nutrientes aportados por la remoción de reservas corporales durante la lactancia (Grainger *et al.*, 1982; Garnsworthy, 1988). Es probable que las vacas que llegaron "gordas" al parto hicieron un uso alterno más intenso de la energía obtenida del alimento y la energía almacenada en forma de reservas corporales para la síntesis y producción de leche, mientras que, las vacas que llegaron "flacas" al parto, tuvieron que utilizar parte de los nutrientes consumidos para reponer algo de las reservas corporales que fueron removidas durante el periodo de tratamiento previo al parto, en detrimento de la cantidad de energía requerida para la síntesis de leche en el inicio de la lactancia. Respuestas similares de la condición corporal al parto sobre la producción de leche, fueron reportadas por Land y Leaver (1981) y Bouchier *et al.* (1987), sin embargo, una alimentación abundante después del parto pudo minimizar los efectos que la condición corporal al parto tuvo sobre la producción diaria de leche (Gardner, 1969; Frood y Croxton, 1978; Grainger *et al.*, 1982; Garnsworthy, 1988), debido a

que las vacas que perdieron condición corporal antes del parto incrementaron el consumo de alimento más rápidamente después del parto que las vacas que llegan gordas al parto. Este comportamiento del consumo de alimento durante las primeras semanas de lactancia entre vacas gordas y flacas es sustentado por Garnsworthy y Topps (1982), Treacher *et al.* (1986) y Garnsworthy y Jones (1987) quienes concuerdan que las vacas que llegan gordas al parto tienen consumo de alimento (materia seca) menores que las vacas que llegan flacas. Ese incremento en el consumo de alimento postparto en vacas de condición corporal pobre al parto puede incrementar la producción de leche debido a que la lactancia es prioritaria para la sobrevivencia y crecimiento del ternero y para preservar la especie.

#### 4.5.4. Efecto del genotipo de la vaca

Las medias de mínimos cuadrados para producción diaria de leche fueron diferentes ( $P < .01$ ) entre los genotipos, para todos los periodos de lactancia acumulados (Cuadro 18). Las vacas Angus tuvieron menor producción diaria de leche en cada uno de los periodos estudiados, que las vacas Suizo Pardo y que las cruzas recíprocas; por ello, las vacas Suizo Pardo, mostraron la más alta producción de leche diaria con 2.13, 1.86, 1.87, 2.00 y 2.25 kg en los periodos respectivos, en comparación con las vacas Angus. Estas diferencias en la producción de leche entre las vacas Angus y Suizo Pardo deben estar dadas, principalmente, por efectos genéticos, ya que, la raza Angus ha sido seleccionada por su capacidad para producción de carne (Cundiff *et al.*, 1974), mientras que la raza Suizo Pardo ha sido desarrollada genéticamente para fines de doble propósito, es decir para producir carne y leche (Gregory *et al.*, 1978).

Por otro lado, la producción diaria de leche de las cruzas recíprocas fue superior a la de las vacas Angus en 2.00, 1.77, 1.69, 1.70 y 1.76 kg, en los periodos establecidos, respectivamente (Cuadro 19), con lo cual, las vacas cruzadas superaron en la producción de leche a las vacas puras de

raza Angus en aproximadamente 21% como promedio en toda la lactancia. Este incremento promedio de la producción de leche de vacas cruzadas con respecto a las razas puras productoras de carne es similar al valor promedio de 23% reportado por Long (1980) y entra en el rango de valores (15 al 33%) estimados para las diferencias en producción de leche, entre genotipos de vacas puras y cruzadas en ganado productor de carne (Long, 1980; Butson y Berg, 1984), ya que se ha demostrado que la introducción de razas lecheras en sistemas de producción de carne resulta en un incremento en la producción de leche del hato, con beneficios importantes en la ganancia diaria de peso predestete y en el incremento del peso al destete de las crías provenientes de vacas cruzadas (Dean *et al.*, 1976; Olson *et al.*, 1985; Marshall *et al.*, 1987).

#### 4.5.5. Efecto del sexo de la cría

La producción diaria de leche en las vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza recíprocas no fue afectada ( $P > .10$ ) por el sexo de la cría (Cuadro 18) y, aunque las madres que amamantaron machos produjeron un poco más de leche que las vacas que amamantaron crías hembras, las medias de mínimos cuadrados fueron estadísticamente similares en todos los periodos de lactancia analizados (Cuadro 19). Los resultados del presente estudio difieren de lo comúnmente reportado en otros trabajos (Butson y Berg, 1984; Kress *et al.*, 1990), en los cuales se han encontrado que las vacas que amamantan machos tienden a producir más leche que las vacas que amamantan crías hembras. No obstante, en otros estudios como los de Reynolds *et al.* (1978), Chenette y Frahm (1981) y Lubritz *et al.* (1989) tampoco se han encontrado diferencias significativas ( $P > .05$ ) en la producción de leche de las madres por efecto del sexo de la cría.

#### 4.5.6. Efecto del número de parto

El análisis estadístico mostró efectos ( $P < .05$ ) del número de parto de la vaca sobre la producción diaria de leche en los intervalos del parto a los 30,

60, 90, 120 y 180 días de lactancia (Cuadro 18). Estos resultados son congruentes con los reportados por varios autores (Melton *et al.*, 1967; Rutledge *et al.*, 1971; Neville *et al.*, 1974; Clutter y Nielsen, 1987; Lubritz *et al.*, 1989), los cuales aportaron evidencias que muestran que el número de parto y la edad de la madre tienen un efecto importante sobre la producción de leche. Estos reportes han indicado un comportamiento cuadrático de la producción de leche de la vaca en función del número de parto, con lo cual, las vacas de primer parto producen menor cantidad de leche que las vacas de segundo a quinto parto, para luego disminuir su producción de leche en lactancias posteriores.

#### 4.6. Crecimiento de los becerros del nacimiento al destete

En este apartado se presenta el análisis de los resultados obtenidos sobre el peso al nacer, la ganancia diaria predestete y el peso al destete de los terneros.

##### 4.6.1. Peso al nacer

El peso al nacer (PN) fue afectado por el año de nacimiento del ternero ( $P < .01$ ), por el nivel de nutrición preparto ( $P < .05$ ), por la condición corporal al parto ( $P < .05$ ), por el genotipo de la madre ( $P < .10$ ) y por sexo de la cría ( $P < .10$ ), pero no fue afectado ( $P > .10$ ) por el número de parto de la madre cuando este factor fue incluido en el modelo como covariable (Cuadro 20). Asimismo, ninguna de las interacciones entre los efectos principales fueron significativamente importantes ( $P > .10$ ) sobre el peso al nacer.

##### 4.6.1.1. Efecto del año de nacimiento del ternero

Los resultados reportados en el Cuadro 21 indican que las diferencias ambientales entre los dos años analizados afectaron de manera significativa el crecimiento y desarrollo del feto durante el último tercio de la gestación, por lo que se observó que en el primer año, el PN fue menor en, aproximadamente, 4.6 kg al promedio del PN en el segundo año, debido,

**Cuadro 20. Niveles de significancia de los efectos principales para las características del nacimiento al destete de becerros cruzados de Simmental x Angus, Simmental x Suizo Pardo y Simmental x (Angus x Suizo Pardo ó Suizo Pardo x Angus)**

| Efectos principales                          | n         | PN                    | Variables predestete <sup>1</sup> |                       |                       |                        |                       |                       |
|----------------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                              |           |                       | G30                               | GD60                  | GD90                  | GD120                  | GD180                 | PD                    |
| Año(A)                                       | 2         | .0023(**)             | .0001(**)                         | .0001(**)             | .0001(**)             | .0001(**)              | .0001(**)             | .0001(**)             |
| Tratamiento (T)                              | 4         | .0487(*)              | .0001(**)                         | .0012(**)             | .0038(*)              | .0044(**)              | .1691 <sup>(NS)</sup> | .0393(*)              |
| Condición corporal de la vaca al parto (CCP) | 3         | .0143(*)              | .0058(**)                         | .0947 <sup>(+)</sup>  | .3482 <sup>(NS)</sup> | .5073 <sup>(NS)</sup>  | .6840 <sup>(NS)</sup> | .7395 <sup>(NS)</sup> |
| Genotipo de la vaca(G)                       | 3         | .0509 <sup>(+)</sup>  | .0987 <sup>(+)</sup>              | .2058 <sup>(NS)</sup> | .0840 <sup>(+)</sup>  | .1050 <sup>(NS)</sup>  | .5418 <sup>(NS)</sup> | .2158 <sup>(NS)</sup> |
| Sexo de la cría                              | 2         | .0853 <sup>(+)</sup>  | .9253 <sup>(NS)</sup>             | .6299 <sup>(NS)</sup> | .2053 <sup>(NS)</sup> | .11138 <sup>(NS)</sup> | .0264(*)              | .0072(**)             |
| Número de parto                              | $\beta_1$ | .2221 <sup>(NS)</sup> | .3717 <sup>(NS)</sup>             | .3736 <sup>(NS)</sup> | .8228 <sup>(NS)</sup> | .9186 <sup>(NS)</sup>  | .7093 <sup>(NS)</sup> | .9843 <sup>(NS)</sup> |
| A*T                                          | 8         | .6699 <sup>(NS)</sup> | .1174 <sup>(NS)</sup>             | .0407(*)              | .0400(*)              | .0656 <sup>(+)</sup>   | .0376(*)              | .0180(*)              |
| A*G                                          | 6         | .5478 <sup>(NS)</sup> | .0076(**)                         | .4158 <sup>(NS)</sup> | .5618 <sup>(NS)</sup> | .5875 <sup>(NS)</sup>  | .7945 <sup>(NS)</sup> | .9062 <sup>(NS)</sup> |
| T*G                                          | 12        | .5937 <sup>(NS)</sup> | .0509 <sup>(+)</sup>              | .1486 <sup>(NS)</sup> | .0904 <sup>(+)</sup>  | .0516 <sup>(+)</sup>   | .1758 <sup>(NS)</sup> | .2614 <sup>(NS)</sup> |

<sup>1</sup> PN es el peso al nacer; G80, G60, G90, G120 y G180 son las ganancias diarias de peso acumuladas a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia; PD es el peso vivo del becerro ajustado a 180 días de lactancia.

<sup>2</sup> número de clases o niveles de interacción de los efectos principales;  $\beta_1$  indica que la variable fue incluida como covariables.

\*\* P<.01, \* P<.05, + P<.10 y <sup>NS</sup> P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.



**Cuadro 21. Medias de mínimos cuadrados de las variables relacionadas con el crecimiento del nacimiento al destete en becerros cruzados de Simmental x Angus (SxA), Simmental x Suizo Pardo (S\*P) y Sx (AxP ó PxA)**

|                                    |    | Características de crecimiento de los terneros <sup>1</sup> |                           |                           |                          |                          |                           |                         |
|------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Efecto Principal                   | n  | PN<br>(kg)                                                  | GD30<br>(kg)              | GD60<br>(kg)              | GD90<br>(kg)             | GD120<br>(kg)            | GD180<br>(kg)             | PD<br>(kg)              |
| <b>Año</b>                         |    | .0023(**)                                                   | .0001(**)                 | .0001(**)                 | .0001(**)                | .0001(**)                | .0001(**)                 | .0001(**)               |
| 1991                               | 48 | 33.39±1.06 <sup>b</sup>                                     | 0.387±0.026 <sup>b</sup>  | 0.472±0.020 <sup>b</sup>  | 0.475±0.016 <sup>b</sup> | 0.484±0.018 <sup>b</sup> | 0.488±0.017 <sup>b</sup>  | 120.8±3.1 <sup>b</sup>  |
| 1992                               | 34 | 38.05±1.13 <sup>a</sup>                                     | 0.629±0.030 <sup>a</sup>  | 0.685±0.024 <sup>a</sup>  | 0.747±0.019 <sup>a</sup> | 0.803±0.019 <sup>a</sup> | 0.886±0.021 <sup>a</sup>  | 196.9±3.7 <sup>a</sup>  |
| <b>Tratamiento</b>                 |    | .0487(*)                                                    | .0001(**)                 | .0012(**)                 | .0038(**)                | .0044(**)                | .1691(NS)                 | .0393(*)                |
| MM100                              | 18 | 39.30±1.57 <sup>a</sup>                                     | 0.627±0.045 <sup>a</sup>  | 0.641±0.035 <sup>a</sup>  | 0.657±0.028 <sup>a</sup> | 0.692±0.029 <sup>a</sup> | 0.722±0.031 <sup>a</sup>  | 168.1±5.5 <sup>a</sup>  |
| MF60                               | 21 | 35.11±1.48 <sup>b</sup>                                     | 0.463±0.038 <sup>b</sup>  | 0.586±0.030 <sup>a</sup>  | 0.625±0.024 <sup>a</sup> | 0.663±0.024 <sup>a</sup> | 0.705±0.026 <sup>a</sup>  | 161.6±4.7 <sup>a</sup>  |
| FM140                              | 22 | 35.31±1.86 <sup>ab</sup>                                    | 0.577±0.042 <sup>a</sup>  | 0.616±0.033 <sup>a</sup>  | 0.631±0.026 <sup>a</sup> | 0.657±0.027 <sup>a</sup> | 0.684±0.029 <sup>ab</sup> | 158.1±5.2 <sup>ab</sup> |
| FF100                              | 21 | 33.17±1.47 <sup>b</sup>                                     | 0.367±0.037 <sup>b</sup>  | 0.469±0.029 <sup>b</sup>  | 0.531±0.023 <sup>b</sup> | 0.562±0.024 <sup>b</sup> | 0.638±0.026 <sup>b</sup>  | 147.7±4.6 <sup>b</sup>  |
| <b>Condición corporal al parto</b> |    | 0.143(*)                                                    | .0058(**)                 | .0947(*)                  | .3482(NS)                | .5073(NS)                | .6840(NS)                 | .7395(NS)               |
| < 4                                | 42 | 34.30±1.02 <sup>c</sup>                                     | 0.432±0.029 <sup>b</sup>  | 0.539±0.023 <sup>ab</sup> | 0.586±0.018              | 0.621±0.019              | 0.680±0.019               | 156.1±3.6               |
| ≥ 4 a < 7                          | 33 | 36.94±1.20 <sup>b</sup>                                     | 0.588±0.038 <sup>a</sup>  | 0.619±0.029 <sup>a</sup>  | 0.630±0.024              | 0.655±0.024              | 0.681±0.025               | 160.3±4.6               |
| ≥ 7                                | 07 | 43.19±3.14 <sup>a</sup>                                     | 0.538±0.092 <sup>ab</sup> | 0.565±0.072 <sup>ab</sup> | 0.593±0.058              | 0.607±0.060              | 0.627±0.060               | 154.5±11.2              |

<sup>1</sup>PN es peso al nacer; G30, G60, G90, G120 y G180 son las ganancias diarias de peso acumuladas a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de la lactancia; PD es el peso vivo del becerro a los 180 días de la lactancia.

<sup>a</sup> Número de observaciones por año de lactancia, tratamiento y condición corporal de la vaca al parto (CCP).

<sup>a,b,c</sup> Medias con distinta literal son diferentes.

\*\*P<.01, \*P<.05, + P<.10 y <sup>NS</sup>P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

probablemente, a que en el primer año se tuvieron condiciones ambientales (nutrición, manejo, sanidad temperatura, humedad entre otras) más adversas que en el segundo año.

Los resultados obtenidos del efecto del año de nacimiento del ternero sobre el peso al nacer parecen ser contradictorios. Notter *et al.* (1978a) y Russel *et al.* (1979) no observaron diferencias ( $P > .10$ ) en el peso al nacer de terneros nacidos en diferentes años, mientras que, Nelson y Beavers (1982) encontraron que el peso al nacer fue afectado ( $P < .01$ ) por el año de nacimiento del ternero. Sin embargo, los resultados reportados por estos investigadores sugieren que el manejo nutricional y el sistema de cruzamiento pueden ser las principales causas de diferencias en el peso al nacer de los terneros entre un año y otro.

#### 4.6.1.2. Efecto del nivel de energía en la dieta

El peso al nacer fue afectado ( $P < .05$ ) por el nivel de consumo de energía preparto de las madres (Cuadro 21), de modo tal que los terneros nacidos de vacas bien alimentadas antes del parto pesaran más al nacer que los terneros provenientes de vacas restringidas nutricionalmente. Por ello, los becerros nacidos de vacas alimentadas adecuadamente durante la fase final de la gestación (tratamientos MM100 y FM140), pesaron más al nacer (39.3 y 35.3 kg, respectivamente), que los becerros nacidos de vacas subalimentadas (tratamientos MF60 y FF100), los cuales pesaron al nacer un promedio de 35.1 y 33.2 kg, respectivamente. Así, las vacas del grupo MM100 parieron becerros con 6.1 kg más que los becerros nacidos de las vacas del grupo FF100. Por otro lado, la diferencia en peso al nacer entre los becerros nacidos de los grupos de vacas FM140 y MF60 fue de sólo 0.2 kg y, al parecer, las vacas que recibieron una dieta preparto con alto contenido de energía (140% de los requerimientos de energía metabolizable) tendieron a incrementar el peso al nacer de sus terneros pero también mostraron mayor acumulación de reservas corporales necesarias para satisfacer los

requerimientos de energía de la lactancia siguiente, mientras que las vacas restringidas al 60% de la energía metabolizable requerida, parieron becerros con un peso similar a los becerros paridos por vacas FM140, debido quizás a que durante la gestación la prioridad en la utilización de la energía disponible fue el crecimiento y desarrollo del feto, para la cual debieron incluso hacer uso de sus reservas corporales a falta de una alimentación adecuada, que les permitiera cubrir la energía requerida durante los últimos tres meses de gestación.

El efecto del nivel de nutrición, de las hembras de los rumiantes que se encuentran en el último tercio de la gestación, sobre el peso al nacer de sus crías ha sido estudiado ampliamente con resultados contradictorios. Efectos significativos del nivel de nutrición preparto sobre el peso al nacer de sus crías han sido señaladas en ovejas (Treacher, 1970) y en vacas (Corah *et al.*, 1975; Bellows y Short, 1978; McMorris y Wilton, 1986; Houghton *et al.*, 1990c; Marston *et al.*, 1995), y los resultados de esas investigaciones sugieren diferencias en el peso al nacer de los terneros de 2 a 8 kg entre vacas restringidas nutricionalmente y vacas sobrealimentadas en la fase tardía de la preñez. Esos resultados, los cuales concuerdan con lo observado en el presente experimento, sugieren que el nivel nutricional preparto de las vacas está relacionado con el peso al nacer de los terneros. Sin embargo, otros investigadores han reportado no haber observado diferencias en el peso al nacer de los terneros como respuesta a los niveles de energía del alimento ofrecido durante el último periodo de la gestación (Russel *et al.*, 1979; Bellows *et al.*, 1982; Bartle *et al.*, 1984; Doornbos *et al.*, 1984; Carstens *et al.*, 1987; Hough *et al.*, 1990).

#### 4.6.1.3. Efecto de la condición corporal al parto

Los promedios de peso al nacimiento de los terneros en función de la condición corporal de las vacas al parto (Cuadro 21), indican que cuando más gordas llegaron las vacas al parto más pesadas nacieron sus crías. De

este modo, las vacas que llegaron al parto con condición corporal mayor o igual a 7 (escala de 1 a 9) parieron becerros con 8.9 kg más que los terneros nacidos de vacas de condición corporal pobre al parto ( $CCP < 4$ ), mientras que las vacas que llegaron al parto con condición corporal moderada ( $CCP \geq 4$  a  $< 7$ ) parieron crías con peso al nacer intermedio entre las vacas gordas y las vacas flacas, es decir, las vacas de condición corporal moderada parieron terneros con 6.2 kg menos que las vacas gordas y 2.6 kg más que las vacas flacas. Estas diferencias, observadas en el peso al nacer de las crías por efecto de la condición corporal al parto de las madres, permiten inferir que la cantidad de reservas corporales presentes en el cuerpo del animal durante el último tercio de la gestación tiene efectos importantes sobre el crecimiento del feto, por lo que, las vacas que pierden peso vivo y condición corporal previo al parto muestran una reducción en el peso al nacer de sus terneros. Los resultados del presente estudio son congruentes con los observados por Boyd *et al.* (1987) y Dunn y Moss (1992) quienes concuerdan que el peso al nacer de los terneros puede estar afectado por la condición corporal al parto. Así, las vacas que llegan al parto moderadamente gordas paren becerros más pesados al nacer que las vacas que llegan al parto con condición corporal pobre, no obstante la influencia de la condición corporal de la vaca al parto sobre el peso al nacer de los terneros parece estar dada en función del periodo y la severidad de la restricción nutricional preparto, ya que el crecimiento del feto es un proceso fisiológico prioritario y las vacas pueden incluso perder peso y movilizar reservas corporales durante la preñez, a fin de proporcionar los nutrientes necesarios para la gestación, en detrimento aún de su condición corporal.

#### 4.6.1.4. Efecto del genotipo de la vaca

El efecto del genotipo de la madre fue significativo ( $P < .10$ ) sobre el peso al nacer de las crías. Los becerros nacidos de vacas Suizo Pardo fueron más pesados al nacer (38.4 kg) que los nacidos de madres Angus (32.8 kg) y de cruzas recíprocas (36.0 kg). Estos resultados (Cuadro 22) son

**Cuadro 22. Medias de mínimos cuadrados de las variables relacionadas con el crecimiento del nacimiento al destete en becerros cruzados de Simmental x Angus (SxA), Simmental x Suizo Pardo (SxP) y S x (AxP ó PxA)**

| Características de crecimiento de los terneros <sup>1</sup> |    |                          |                          |              |                           |               |                          |                        |
|-------------------------------------------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| Efecto Principal                                            | n  | PN<br>(kg)               | GD30<br>(kg)             | GD60<br>(kg) | GD90<br>(kg)              | GD120<br>(kg) | GD180<br>(kg)            | PD<br>(kg)             |
| Genotipo de la vaca                                         |    | .0509(+)                 | .0987(+)                 | .2058(NS)    | .0840(+)                  | .1050(NS)     | .5418(NS)                | .2158(NS)              |
| Angus                                                       | 12 | 32.81±1.80 <sup>b</sup>  | 0.481±0.042 <sup>b</sup> | 0.538±0.033  | 0.565±0.026 <sup>b</sup>  | 0.593±0.027   | 0.665±0.023              | 152.5±4.1              |
| Suizo Pardo                                                 | 18 | 38.38±1.82 <sup>a</sup>  | 0.582±0.057 <sup>a</sup> | 0.607±0.044  | 0.634±0.036 <sup>a</sup>  | 0.662±0.037   | 0.708±0.029              | 164.7±5.2              |
| Cruzas recíprocas                                           | 32 | 35.99±1.13 <sup>a</sup>  | 0.495±0.046 <sup>b</sup> | 0.579±0.036  | 0.609±0.029 <sup>ab</sup> | 0.629±0.033   | 0.688±0.022              | 159.5±3.9              |
| Sexo de la cría                                             |    | .0853(+)                 | .9253(NS)                | .6299(NS)    | .2053(NS)                 | .1138(NS)     | .0264(+)                 | .0072(**)              |
| Machos                                                      | 48 | 37.19±1.03 <sup>a</sup>  | 0.532±0.039              | 0.589±0.030  | 0.622±0.024               | 0.653±0.025   | 0.722±0.019 <sup>a</sup> | 166.5±3.4 <sup>a</sup> |
| Hembras                                                     | 34 | 34..25±1.29 <sup>b</sup> | 0.507±0.044              | 0.560±0.034  | 0.534±0.027               | 0.603±0.028   | 0.652±0.022 <sup>b</sup> | 151.2±4.0 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup>PN es peso al nacer; G30, G60, G90, G120 y G180 son las ganancias diarias de peso acumuladas a los 30, 60, 90, 120 y 180 días de lactancia; y, P es el peso vivo del becerro a 180 días de lactancia.

<sup>ab</sup> Medias con distinta literal son diferentes.

<sup>a</sup> es el número de observaciones por genotipo y sexo de la cría.

\*\*P<.01, \*P<.05, + P<.10 y <sup>NS</sup> P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

congruentes con los reportados por varios investigadores (Bellows *et al.*, 1971; Laster *et al.*, 1973b; Bellows y Short, 1978; Nelson y Beavers, 1982; McMorris y Wilton, 1986), quienes han reportado valores similares del peso al nacer en terneros nacidos de vacas productoras de carne y en vacas productoras de carne y leche. En los resultados de Bellows y Short (1978) se observó que las cruzas recíprocas entre Hereford y Angus (H x A y A x H) parieron becerros con un peso intermedio (32.7 kg) que los de ambas razas puras. Sin embargo, los terneros provenientes de las vacas cruzadas mostraron mejor comportamiento en el peso al nacer cuando sus madres fueron bien alimentadas, y fueron menos pesados cuando previamente las madres consumieron una dieta con contenido bajo de energía. Este tipo de interacción, entre el genotipo y el nivel de consumo de energía preparto no fue observado claramente en el presente trabajo.

De lo anterior, es posible asumir que existe influencia del genotipo de la madre sobre el peso al nacer de los terneros pero que las diferencias entre razas pueden variar dependiendo del nivel nutricional de la vaca durante el último tercio de la gestación. Asimismo, es también posible suponer que la superioridad en el peso al nacer de las crías de vacas cruzadas sobre las vacas puras, esté dada por efectos de heterosis (Cundiff *et al.*, 1974).

#### 4.6.1.5. Efecto del sexo de la cría

Al igual que los factores principales, el sexo de la cría mostró influencia ( $P < .10$ ) sobre el peso al nacer de los terneros, por lo que los becerros machos pesaron al nacer aproximadamente 3 kg más que las hembras (Cuadro 22). Efectos similares han sido reportados en otros trabajos (Bellows *et al.*, 1971; Laster *et al.*, 1973b; Notter *et al.*, 1978a; Russel *et al.*, 1979) en los cuales se encontraron diferencias en el peso al nacer entre hembras y machos, en donde los becerros machos fueron más pesados que las hembras. Sin embargo, Bellows y Short (1978), Miquel y



Villarreal (1981) y Bartle *et al.* (1984) no encontraron efectos del sexo sobre el peso al nacer de la cría. Por otro lado, Nelson y Beavers (1982) mostraron que los machos al nacer pesaron 1.7 kg más ( $P < .01$ ) que las hembras, mientras que Doornbos *et al.* (1984) encontraron que los machos pesaron al nacer 1.3 kg por sobre el peso al nacer de las hembras ( $P < .10$ ).

#### 4.6.1.6. Efecto del número de parto

El efecto de la covariable número de parto no fue significativo para el peso al nacer de los terneros en el presente estudio. Sin embargo, varios investigadores sugieren que el peso al nacer de las crías varía en función de la edad de la vaca, reflejado esto en el número de parto (Laster *et al.*, 1973b; Notter *et al.*, 1978a; Nelson y Beavers, 1982; Doornbos *et al.*, 1984), y que al parecer, las vacas de primer parto paren becerros más ligeros que las vacas de dos o más partos. Es por ello que algunos autores (Brinks *et al.*, 1973; Bellows y Short, 1978; Nelson y Beavers, 1982) recomiendan ajustar el peso al nacer por la edad de la madre o número de parto ya que esta variable es una fuente de variación importante sobre el peso al nacer de los terneros.

#### 4.6.2. Ganancia de peso predestete

Los resultados del análisis estadístico mostrados en el Cuadro 20 sugieren diferencias ( $P < .01$ ) entre los años de nacimiento del ternero sobre la ganancia diaria de peso acumulada a los 30 (GD30), 60 (GD60), 90 (GD90), 120 (GD120) y 180 (GD180) días de edad de los terneros, respectivamente. Asimismo, hubo diferencias significativas ( $P < .01$ ) del nivel de energía en la dieta preparto sobre GD30, GD60, GD90, GD120, pero ese mismo efecto fue no significativo para GD180. Por otro lado, la condición corporal al parto afectó significativamente a G30 ( $P < .01$ ) y a G60 ( $P < .10$ ) pero no fue importante ( $P > .10$ ) sobre la ganancia diaria predestete en los demás periodos de lactancia analizados. Diferencias ( $P < .10$ ) entre los genotipos solo fueron observadas sobre la GD30, pero la ganancia diaria de peso en el resto de la lactancia no mostró efectos ( $P > .10$ ) por causa de los

genotipos. Asimismo, la ganancia diaria de peso predestete no fue diferente ( $P>.10$ ) por efecto del sexo de la cría en ninguno de los periodos de la lactancia.

#### 4.6.2.1. Efecto del año de nacimiento del ternero

En el primer año de estudio, la ganancia diaria de peso fue menor en un rango de 33% a 47% en comparación con la ganancia diaria de peso en el segundo año (Cuadro 21). Asimismo, hubo un comportamiento ascendente de la ganancia diaria de peso de los becerros a partir del periodo del parto a los 30 días hasta los 180 días de lactancia en ambos años. Es probable que la más alta ganancia diaria de peso predestete durante el segundo año de análisis pueda ser explicado por un mejor comportamiento en la producción de leche de la vaca correspondiente a ese mismo año, pero también por la mayor disponibilidad de alimento sólido para ser consumido por el ternero en el periodo de lactancia. Efectos similares del año de nacimiento del ternero sobre la ganancia diaria de peso han sido reportados por Neville (1962) y Notter *et al.* (1978b), los cuales atribuyeron ese efecto a diferencias en la producción de leche de la madre entre una lactancia y otra.

#### 4.6.2.2. Efecto del nivel de energía en la dieta preparto

El nivel de energía ofrecido en la dieta en el último tercio de la gestación afectó ( $P<.01$ ) a la GD30, GD60, GD90 y GD120, pero no tuvo efecto ( $P>.10$ ) sobre la ganancia diaria al destete (Cuadro 20). Las medias de mínimos cuadrados para la ganancia diaria de peso de los terneros por tratamientos son mostrados en el Cuadro 21. Con base en estos resultados, se observó que los terneros del grupo de las vacas bien alimentadas mostraron un comportamiento superior en la ganancia diaria de peso durante los periodos acumulados de lactancia a los 30, 60 y 90 días después del parto, que los becerros procedentes de las vacas subalimentadas. Sin embargo, este comportamiento tendió a modificarse en las evaluaciones hechas a los 120 y 180 días de lactancia, donde fue observado un

comportamiento similar entre los tratamientos. Esto indica que el efecto de la nutrición preparto sobre la ganancia diaria predestete está dada, fundamentalmente, durante los primeros tres meses después del parto y que las diferencias en la tasa de ganancia diaria predestete a lo largo de la lactancia están dados, principalmente, por el efecto de la producción de leche de la madre, ya que en la segunda mitad de la lactancia, el crecimiento del becerro depende más del alimento sólido consumido que de la producción de leche de su madre, mientras que en la primera mitad, el crecimiento del becerro tiene mayor dependencia de la producción de leche de la vaca (Totusek *et al.*, 1973; Robison *et al.*, 1978; Boggs *et al.*, 1980; Bartle *et al.*, 1984; Clutter y Nielsen, 1987; Beal y Kearnan, 1993). Así, los becerros nacidos de vacas nutricionalmente restringidas (MF60 y FF100) tuvieron menores ganancias diarias de peso porque las madres produjeron menor cantidad de leche en comparación con la producción de leche de las vacas bien alimentadas. Es de suponer que el periodo de restricción nutricional al que fueron sometidas las vacas FF100 tuvo un impacto mayor sobre la producción de leche y, como consecuencia, sobre la ganancia diaria de peso predestete en los terneros. El efecto de la severidad en la restricción alimenticia preparto sobre la producción de leche postparto de las vacas puede ser explicada con base en una reducción en la tasa metabólica, ya que los animales pueden disminuir el tamaño y peso de las vísceras relacionadas directamente con la digestión y el metabolismo de los alimentos en periodos de limitaciones nutricionales y el estado de normalidad en el funcionamiento de esos órganos metabólicos solo puede ser reestructurado varias semanas después de haber sido restituidos los niveles de alimentación adecuados.

Lo antes expuesto concuerda con los resultados obtenidos por Girón y Hernández (1995), quienes reportaron que en animales de los mismo genotipos utilizados en el presente trabajo, las vacas MF60 produjeron más leche durante la lactancia en comparación con las vacas alojadas en los

tratamientos MM100, FM140 y FF100 ( $1995 \pm 141$  vs  $1925 \pm 144$ ,  $1875 \pm 166$   $1504 \pm 117$  kg, respectivamente), y que las diferencias estadísticas estuvieron dadas sólo con el grupo de vacas FF100 es decir con el grupo de vacas que tuvo un periodo mayor de restricción nutricional, lo cual pudo influir también sobre el crecimiento predestete de los terneros.

El comportamiento observado en los becerros provenientes de vacas sobrealimentadas o subalimentadas antes del parto, también puede ser explicado en función del nivel de consumo de alimento de las vacas después del parto. De este modo, las vacas que consumieron una dieta deficiente en energía durante el último tercio de la gestación tuvieron un mayor consumo de alimento durante las primeras semanas de lactancia en comparación con las vacas alimentadas adecuadamente antes del parto (Cuadros 16 y 17).

Con base en lo anteriormente expuesto, las vacas subalimentadas durante el periodo preparto, incrementaron la producción de leche a partir de un mayor consumo de alimento postparto y con ello la ganancia diaria de peso de los terneros pudo también ser incrementada. Estos resultados son congruentes con lo reportado por Boyd *et al.* (1987), pero difieren con lo observado por Bartle *et al.* (1984), Doornbos *et al.* (1984), McMorris y Wilton (1986) y Houghton *et al.* (1990c), no obstante, algunos investigadores reconocen la influencia de la producción de leche de la madre sobre la ganancia diaria de peso predestete de sus terneros (Melton *et al.*, 1967; Boggs *et al.*, 1980; Bartle *et al.*, 1984; Beal *et al.*, 1990).

#### 4.6.2.3. Efecto de la condición corporal al parto

La condición corporal de la vaca al parto mostró influencias significativas sobre la ganancia diaria de peso de los terneros en los periodos del nacimiento a los 30 días ( $P > .05$ ) y del nacimiento a los 60 días de lactancia ( $P < .10$ ), pero los efectos fueron no significativos sobre los demás periodos de la lactancia analizados (Cuadro 20). Para los dos

periodos señalados (G30 y G60), las vacas moderadamente gordas ( $CCP \geq 4$  a  $< 7$ ) mostraron ganancias de peso superiores en aproximadamente, 120 y 52 g diarios en comparación con las vacas flacas ( $CCP < 4$ ) y vacas gordas ( $CCP \geq 7$ ), respectivamente (Cuadro 21). Sin embargo, las diferencias estadísticas solo fueron observadas entre las vacas que llegaron al parto en condición corporal moderadamente gordas y las vacas con condición corporal pobre al parto. Por otro lado, la condición corporal al parto tuvo un efecto similar al observado por la influencia del nivel de consumo de energía preparto sobre el consumo de alimento postparto y sobre la producción de leche durante la primera fase de la lactancia, lo cual fue reflejado en diferencias entre la ganancia diaria de peso predestete de los terneros provenientes de vacas que llegaron flacas al parto. Asimismo, la forma en que las vacas adquirieron la condición corporal al parto fue también un factor relevante para el comportamiento de los terneros durante la lactancia, de modo que los terneros de las vacas que permanecieron flacas durante todo el último tercio de la gestación mostraron un menor incremento predestete que los terneros nacidos de vacas que perdieron condición corporal preparto pero que iniciaron el tratamiento con condición corporal moderadamente gorda.

Estos resultados son similares a los reportados por Houghton *et al.* (1990c), quienes advirtieron que una condición corporal pobre de la vaca al parto puede tener un efecto adverso sobre el crecimiento de los terneros durante la lactancia y sugirieron que la condición corporal de la vaca al parto puede ser utilizada como criterio de manejo para prever el comportamiento de los terneros durante el periodo predestete.

#### 4.6.2.4. Efecto del genotipo de la vaca

Diferencias importantes ( $P < .10$ ) en la tasa de ganancia diaria de peso predestete de los terneros entre los genotipos de la madre sólo fueron observadas durante los primeros 90 días de lactancia (Cuadro 20). Así,



durante el primer periodo de 30 y 90 días de lactancia los terneros nacidos de las vacas Suizo Pardo tuvieron tasas de ganancia diaria de peso superiores a las observadas en terneros provenientes de vacas Angus y cruza recíprocas, equivalentes a 101 y 87 g por día en el primer periodo y 69 y 25 g por día en el tercer periodo, con respecto a la ganancia diaria de peso predestete de las últimas dos razas, respectivamente, no obstante los terneros nacidos de cruza recíprocas tuvieron incrementos de peso superiores a los terneros provenientes de vacas Angus pero inferiores a los becerros nacidos de vacas Suizo Pardo (Cuadro 22). Este comportamiento entre genotipos con respecto a la ganancia diaria de peso predestete de los terneros es congruente con el nivel de producción de leche de los genotipos (Cuadro 19), y en ambos casos, se observa el beneficio de cruzar razas lecheras con razas de carne para mejorar tanto la producción de leche de las vacas cruzadas como el crecimiento predestete de sus terneros (Reynolds *et al.*, 1978; Clutter y Nielsen, 1987; Kress *et al.*, 1990). Efectos similares del genotipo de la madre sobre el crecimiento predestete de sus crías han sido reportados por Smith *et al.* (1976), Notter *et al.* (1978b) y McMorris y Wilton (1986), en los cuales los becerros hijos de vacas cruzadas de Hereford x Charolais ganaron 110 g/d más que los terneros nacidos de vacas Hereford (Smith *et al.*, 1976), mientras que los terneros de vacas Simmental incrementaron su peso en 60 g/d por arriba de las ganancias de peso diarios de los terneros provenientes de vacas Hereford (McMorris y Wilton, 1986). Sin embargo, Russel *et al.* (1979) no observaron evidencias del efecto de la raza de la vaca sobre la ganancia de peso de los terneros en vacas cruzadas de Hereford x Friesian y Shorthorn x Galloway (932 vs 914 g/d, respectivamente).

#### 4.6.2.5. Efecto del sexo de la cría

La ganancia diaria de peso predestete solo fue afectada ( $P < .05$ ) por el sexo del ternero a los 180 días de lactancia. Al destete, los machos ganaron en promedio 70 g diarios más que las hembras durante toda la lactancia



(Cuadro 22). En ninguno de los demás periodos hubo diferencias ( $P > .10$ ) entre las hembras y los machos, no obstante, los machos mostraron incrementos de peso ligeramente superiores a los de las hembras en todos los periodos analizados. Estos resultados concuerdan con los reportados en otras investigaciones, en las cuales se ha observado que los terneros machos pueden consumir mayor cantidad de leche de su madre y mostrar mayor velocidad de crecimiento durante la lactancia en comparación con las hembras (Hight, 1968; Notter *et al.*, 1978b; Doornbos *et al.*, 1984).

#### 4.6.2.6. Efecto del número de parto

El crecimiento predestete no fue afectado ( $P > .10$ ) por el número de parto de la vaca (Cuadro 20). En este sentido, Bartle *et al.* (1984), reportó efectos similares cuando encontró que la edad de la vaca no afectó la ganancia diaria predestete de los terneros. Sin embargo, otros investigadores (Bellows *et al.*, 1982; Doornbos *et al.*, 1984) reportaron evidencias que los terneros que son criados por vacas de primer parto tienen menor tasa de crecimiento predestete que los terneros amamantados por vacas adultas. Por ello, se ha recomendado ajustar a la ganancia de peso predestete por efecto del número de parto a fin de corregir la posible variación producida por diferencia en la edad de la madre.

#### 4.6.3. Peso al destete

El peso vivo al destete de los terneros fue afectado significativamente por el año de nacimiento del becerro ( $P < .01$ ), por el nivel de energía en la dieta preparto ( $P < .05$ ) y por el sexo de la cría ( $P < .01$ ), pero no fue afectado ( $P > .10$ ) por la condición corporal al parto, el genotipo de la vaca ni por el número de parto de la vaca (Cuadro 20).

En el Cuadro 21 se muestran las medias de mínimos cuadrados para el peso al destete (PD) para los factores, año de parto, tratamiento y condición corporal al parto.

#### 4.6.3.1. Efectos del año de nacimiento del ternero

Hubo efecto ( $P<.01$ ) del año de nacimiento del becerro sobre el peso al destete. En el primer año los becerros pesaron al destete 67.4 kg menos que los becerros nacidos en 1992 ( $121.08\pm5.78$  vs  $188.48\pm7.2$  kg, respectivamente). Diferencias entre los dos años en cuanto a la disponibilidad de alimento durante el último tercio de la gestación y durante la lactancia indujeron a que los becerros llegaran al destete (180 días) con menor peso en el primer año y fueron más pesados en el segundo año. Esto fue debido a que el manejo nutricional en el segundo año fue más controlado que en 1991. En concordancia con estos resultados, otros estudios realizados con ganado productor de carne han señalado diferencias entre años cuando analizaron el peso al destete de los terneros (Neville, 1962; Rutledge *et al.*, 1971; Drewry *et al.*, 1978; Notter *et al.*, 1978b; Bailey, 1981).

#### 4.6.3.2. Efectos del nivel de energía en la dieta

El nivel de energía ofrecida en la dieta durante el último trimestre de la gestación afectó ( $P<.05$ ) el peso al destete de los terneros. Las medias de mínimos cuadrados para PD de los becerros asignados en los tratamientos MM100, MF60, FM140 y FF100 fueron  $168.10 (\pm5.5)$ ,  $161.6 (\pm4.7)$ ,  $158.1(\pm5.2)$  y  $147.7(\pm4.6)$  kg respectivamente (Cuadro 21) e indican que los becerros correspondientes al grupo de vacas FF100 pesaron 20.4 kg menos al destete en comparación con los becerros de las vacas alojadas en el tratamiento MM100 y esa diferencia puede ser atribuida a que las vacas FF100 tuvieron un periodo de restricción de alimento mayor antes del parto, lo cual pudo traer efectos desfavorables sobre la producción de leche en la presente lactancia, limitar el crecimiento de los becerros del nacimiento al destete, e influir sobre el peso al destete de los terneros. Estos resultados concuerdan con los reportados por Boyd *et al.* (1987) quienes encontraron que el nivel nutricional preparto influyó el crecimiento de los becerros del nacimiento al destete lo cual afectó ( $P<.05$ ) también el peso al destete. También son congruentes con lo observado por Corah *et al.* (1975) quienes condujeron

dos experimentos para probar el efecto del consumo de energía preparto en vacas sobre el crecimiento y sobrevivencia de las crías del nacimiento al destete, y reportaron que la restricción de la nutrición preparto resultó en una reducción del peso al destete en los terneros a causa de la disminución en el nivel de producción de leche lo cual fue un factor determinante para reducir el peso al destete. Asimismo, Collier *et al.* (1982) encontraron que el peso al destete estuvo altamente correlacionado con el rendimiento de leche postparto por lo que las diferencias del peso al destete en el presente experimento pueden ser explicadas por el aporte de la producción de leche en cada tratamiento.

En este sentido, es probable que los terneros nacidos de vacas nutricionalmente restringidas durante un periodo previo al parto, vean restringido también el consumo de leche durante las primeras semanas de lactancia, por lo cual, la tasa de crecimiento del ternero pudo ser contraída, afectando así el peso al destete.

No obstante los resultados antes presentados, algunos autores han reportado no haber observado efecto de la nutrición preparto sobre el peso al destete ni sobre la producción de leche total de la vaca (Bellows y Short, 1978; Doornbos *et al.*, 1984; Houghton *et al.*, 1990c; Marston *et al.*, 1995).

#### 4.6.3.3. Efecto de la condición corporal al parto

La condición corporal de la vaca al parto no afectó ( $P>.10$ ) al peso al destete de los terneros, por lo que las medias de mínimos cuadrados en esta variable son similares entre los grupos de vacas flacas, moderadamente gordas y gordas (Cuadro 21), ya que la variación en el peso al destete de los terneros provenientes de vacas que llegaron al parto con diferente condición corporal fue de aproximadamente 6 kg (154.5 a 160.5 kg). Esta similitud en el comportamiento de los terneros al destete es congruente con la similitud en la tasa de ganancia diaria de peso a los 90, 120 y 180 días

entre los terneros nacidos de vacas con condición corporal al parto pobre, moderada y alta según lo analizado anteriormente. Asimismo, estos resultados concuerdan con lo reportado por Houghton *et al.* (1990c) quienes observaron que las vacas que llegaron flacas al parto, tuvieron becerros de un peso al destete (205 días de lactancia) similar a los becerros provenientes de vacas que llegaron gordas al parto cuando ambos grupos de vacas y terneros consumieron alimento *ad libitum* después del parto. Esta respuesta puede implicar que el efecto de la condición corporal al parto sobre el comportamiento de los terneros del nacimiento al destete puede ser corregido durante la lactancia, presumiblemente a causa de la recuperación de la condición corporal de la vaca postparto, por una mayor independencia del ternero con relación a la producción de leche de la vaca, el cual consume mayor cantidad de alimento sólido después de los tres meses de lactancia. Estos supuestos están avalados por algunas investigaciones realizadas anteriormente (Chenette y Frahm, 1981; Clutter y Nielsen, 1987; Lubritz *et al.*, 1989; Mezzadra *et al.*, 1989; Beal y Kearnan, 1993) en las cuales se sugiere que tanto la sobrevivencia como el crecimiento del becerro están influenciados grandemente por el consumo de leche producida por la vaca durante el primer tercio de la lactancia, mientras que el crecimiento y desarrollo posterior al primer trimestre de la lactancia, tiene mayor dependencia del consumo de alimento sólido por el becerro, debido a que después de ese periodo, la leche como único elemento puede proporcionar al ternero los nutrientes necesarios para mantenimiento como máximo, pero no para ganancia de peso (Robison *et al.*, 1978; Boggs *et al.*, 1980; Richardson *et al.*, 1978; Bartle *et al.*, 1984).

#### 4.6.3.4. Efecto del genotipo de la vaca

El genotipo de la vaca no afectó ( $P > .10$ ) al peso al destete de los terneros (Cuadro 20) y las interacciones entre el genotipo de la vaca con el nivel de energía en la dieta preparto tampoco fue significativa. Las medias de mínimos cuadrados reportados en el Cuadro 22 indican una ligera

superioridad en el peso al destete de los terneros nacidos de vacas Suizo Pardo y de cruzas recíprocas sobre los becerros criados por vacas Angus. Efectos similares han sido reportados previamente por Marshall *et al.* (1976) y Notter *et al.* (1978b) quienes no encontraron diferencias en el peso al destete de los terneros nacidos de vacas Angus, Charolais y sus cruzas recíprocas y entre Angus y Hereford, respectivamente. No obstante, la mayoría de los trabajos en los cuales se ha analizado el efecto del genotipo de la madre sobre el comportamiento al destete de sus crías concuerdan en que las diferencias genéticas de las madres afectan el crecimiento del ternero debido a diferencias en el peso al nacer, la producción de leche y la tasa diaria de crecimiento predestete, por lo que, el peso al destete puede ser también diferente entre razas (Drewry *et al.*, 1978; Russel *et al.*, 1979; McMorris y Wilton, 1986).

#### 4.6.3.5. Efecto del sexo del becerro

Diferencias ( $P < .01$ ) entre machos y hembras fueron observados en cuanto al peso al destete de los terneros (Cuadro 20). Los becerros machos pesaron al destete 15.3 kg. más que las hembras debido a que la ganancia diaria al destete (Cuadro 22) también fue mayor ( $P < .05$ ) en machos que en hembras. Estos resultados concuerdan con los reportados por Rutledge *et al.* (1971), Neville, 1962; Drewry *et al.* (1978), Richardson *et al.* (1978) y Bailey (1981), y sugieren que las ventajas de los machos sobre las hembras, en cuanto a la tasa de ganancia de peso y peso al destete, pueden estar dadas probablemente por el mayor tamaño y capacidad de extracción de leche y consumo de alimento de los terneros machos.

#### 4.6.3.6. Efecto del número de parto

El número de parto de la vaca no estuvo ( $P > .10$ ) relacionado con el peso al destete de los terneros. Este hallazgo concuerda con los resultados de Neville (1962), Drewry *et al.* (1978) y Marshall *et al.* (1987), pero difieren con Neville *et al.* (1974) y Doornbos *et al.* (1984) quienes observaron que el

**peso al destete fue menor en terneros nacidos de vacas de primer parto y mayor en becerros provenientes de vacas adultas y que esas variaciones en el crecimiento de los becerros asociados a la edad de la madre, pueden estar dadas debido a diferencias en la producción de leche de la vaca en función de su edad. Debido a que en el presente estudio tampoco hubo efecto del número de parto sobre la producción de leche de la vaca, esto explica en parte la no influencia del número de lactancia de la vaca sobre la ganancia diaria predestete y sobre el peso al destete.**

**A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, así como por lo observado en otros trabajos, es posible asumir que:**

- a). El nivel de nutrición preparto ofrecido a las vacas durante el último tercio de la gestación afecta al peso al nacer de las crías, así como, a la ganancia diaria predestete y al peso al destete de los becerros.**
- b). Las diferencias en la ganancia diaria de peso predestete en los terneros provenientes de vacas que recibieron alimentación restringida y/o que llegaron al parto con condición corporal pobre al parto en comparación con la tasa de ganancia diaria de peso en terneros nacidos de vacas bien alimentadas y con condición corporal al parto moderada o alta, probablemente está dada en función del nivel de producción de leche de la madre, con influencia mayor en los primeros tres meses de lactancia. Esto puede explicar lo ocurrido en terneros nacidos de vacas que llegaron al parto con condición corporal moderada, mismos que tuvieron un mayor peso al nacer y mejores ganancias diarias de peso en los primeros periodos de lactancia, en comparación con los terneros nacidos de vacas que llegaron al parto con condición corporal pobre.**
- c). La poca influencia que la nutrición preparto y la condición corporal**



de la vaca al parto tienen sobre el comportamiento de los terneros durante los últimos periodos de la lactancia, puede ser explicada con base en una menor dependencia del ternero respecto a la producción de leche de la vaca, ya que la composición de la ganancia diaria predestete en el último tercio de la lactancia depende más del consumo de alimento sólido por parte del becerro, que de la producción de leche de su madre.

- d). No obstante, fue observado que el consumo de alimento sólido por parte del ternero fue menor y se presentó más tardíamente durante la lactancia en los becerros provenientes de vacas que llegaron al parto en condición corporal moderada y alta, probablemente porque el nivel alto de producción de leche no estimula el consumo de alimento sólido durante los primeros meses de la lactancia. Contrariamente, la menor producción de leche de las vacas que llegaron flacas al parto, pudo estimular el consumo de alimento sólido en un tiempo menor de la lactancia, con beneficios posteriores para el crecimiento independiente del becerro, debido a que la capacidad y el funcionamiento del rumen fue también estimulado, de modo que los terneros provenientes de vacas restringidas nutricionalmente pueden incrementar con mayor facilidad la tasa diaria de ganancia de peso durante la fase final de la lactancia.

#### **4.7. Anestro postparto**

El nivel de nutrición preparto ha sido señalado como el factor principal que afecta la actividad reproductiva de las vacas después del parto. En este apartado se presentan los resultados de los efectos de la nutrición ofrecida en el último trimestre de la gestación, el genotipo de la vaca, el sexo del becerro y el año de parto, sobre el tiempo de anestro postparto en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruzas recíprocas.

El año de parto y el nivel de energía en la dieta antes del parto tuvieron efectos ( $P < .10$ ) sobre el intervalo del parto al primer estro observado (IPP); asimismo, el genotipo de la vaca fue importante ( $P < .05$ ) para el anestro postparto (Cuadro 23). Por otro lado, la covariable número de parto de la vaca y el sexo de la cría no afectaron ( $P > .10$ ) el IPP. Del mismo modo, ninguna de las interacciones entre los efectos principales fueron significativas sobre el IPP ( $P > .10$ ). La condición corporal al parto (CCP) y la producción de leche acumulada a los 60 días (PL60) mostraron influencia ( $P < .10$ ) sobre el intervalo de anestro postparto; sin embargo la producción de leche acumulada a los 90 días (PL90) solo mostró una tendencia ( $P < .12$ ) a afectar al IPP.

#### 4.7.1. Efecto del año de parto de la vaca

Las vacas utilizadas en el experimento conducido en 1991, mostraron un IPP más largo ( $73.1 \pm 5.2$  días) que las vacas utilizadas en 1992 ( $62.1 \pm 4.5$ ). El retraso mayor en el retorno del ciclo estral de las vacas durante el primer año puede estar relacionado con un manejo deficiente de los animales y con la interacción entre el nivel de nutrición preparto con el nivel de alimentación después del parto. Asimismo, la detección de los celos se realizó con mayor cuidado en el segundo año que en el primero. Sin embargo, es posible que las diferencias en el manejo nutricional de las vacas expliquen la mayor parte de las diferencias en la longitud del intervalo de anestro postparto entre ambos años.

#### 4.7.2. Efecto del nivel de energía en la dieta

Diferencias ( $P < .10$ ) entre los niveles de energía en la dieta asignada a las vacas durante el último tercio de la gestación fueron observadas sobre el IPP. El Cuadro 24 muestra las medias de mínimos cuadrados para cada nivel de las fuentes de variación.

**Cuadro 23. Niveles de significancia de los efectos principales sobre el período de anestro postparto (IPP)**

| Efecto principal | <i>n</i>  | Nivel de significancia |
|------------------|-----------|------------------------|
| Año (A)          | 2         | .0935 <sup>(+)</sup>   |
| Tratamiento (T)  | 4         | .0069 <sup>(**)</sup>  |
| Genotipo (G)     | 3         | .0114 <sup>(*)</sup>   |
| CCP              | $\beta_1$ | .0986 <sup>(+)</sup>   |
| Número de parto  | $\beta_2$ | .1206 <sup>(NS)</sup>  |
| Sexo de la cría  | 2         | .3885 <sup>(NS)</sup>  |
| PL60             | $\beta_3$ | .0944 <sup>(+)</sup>   |
| PL90             | $\beta_4$ | .1148 <sup>(NS)</sup>  |
| A*T              | 8         | .5406 <sup>(NS)</sup>  |
| A*G              | 6         | .3443 <sup>(NS)</sup>  |

<sup>+</sup> número de clases o niveles de interacción de los efectos principales;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  y  $\beta_4$  indican que la variable fue incluida como covariable.

CCP es la condición corporal de la vaca al parto, PL60 y PL90 es la producción de leche acumulada a los 60 y PL90 días de la lactancia, respectivamente.

\*\* $P < .01$ , \* $P < .05$ , + $P < .10$  y <sup>NS</sup> $P > .10$ , muestran el nivel de significancia de cada factor.

**Cuadro 24. Medias de mínimos cuadrados para el período de anestro postparto (IPP) de los efectos principales (media  $\pm$  EE)**

| Efectos principales                                 | <i>n</i> | IPP (días)                   |
|-----------------------------------------------------|----------|------------------------------|
| <b>Año</b>                                          |          | .0935 <sup>(+)</sup>         |
| 1991                                                | 42       | 73.1 $\pm$ 5.2 <sup>a</sup>  |
| 1992                                                | 36       | 62.1 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>  |
| <b>Tratamiento</b>                                  |          | .0695 <sup>(+)</sup>         |
| MM100                                               | 21       | 54.9 $\pm$ 5.5 <sup>b</sup>  |
| MF60                                                | 23       | 73.5 $\pm$ 5.7 <sup>a</sup>  |
| FM140                                               | 20       | 63.7 $\pm$ 6.2 <sup>ab</sup> |
| FF100                                               | 14       | 78.1 $\pm$ 10.1 <sup>a</sup> |
| <b>Condición corporal de la vaca al parto (CCP)</b> |          | .0986 <sup>(+)</sup>         |
| < 4                                                 | 36       | 70.2 $\pm$ 4.3 <sup>a</sup>  |
| $\geq 4$ a < 7                                      | 35       | 58.4 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>  |
| $\geq 7$                                            | 7        | 53.2 $\pm$ 11.7 <sup>b</sup> |
| <b>Genotipo de la vaca</b>                          |          | .0114 <sup>(*)</sup>         |
| Angus                                               | 31       | 54.9 $\pm$ 5.3 <sup>b</sup>  |
| Suizo Pardo                                         | 15       | 87.3 $\pm$ 8.7 <sup>a</sup>  |
| Cruzas recíprocas                                   | 32       | 60.4 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>  |
| <b>Sexo de la cria</b>                              |          | .3885 <sup>(NS)</sup>        |
| Machos                                              | 49       | 64.6 $\pm$ 4.4               |
| Hembras                                             | 29       | 70.5 $\pm$ 5.4               |

<sup>+</sup> es el número de observaciones por: tratamiento, condición corporal de la vaca al parto, genotipo de la vaca y sexo de la cria.

<sup>a,b</sup> medias con distinta literal son diferentes (P<.10)

\*P<.05, \*P<.10 y <sup>NS</sup> P>.10, muestran el nivel de significancia de cada factor.

Las vacas que consumieron una dieta con niveles adecuados de energía hasta el parto (MM100) mostraron su primer estro, aproximadamente, 23.2 días antes que las vacas permanentemente restringidas en su alimentación preparto (FF100). Asimismo, las vacas del grupo MF60, las cuales recibieron sólo el 60% de la energía metabolizable requerida durante la última fase de la gestación, mostraron intervalos de anestro postparto más largos (18.6 días más) que los grupos de vacas bien alimentadas (MM100) y 10 días más que las vacas del grupo FM140. Sin embargo, las vacas que iniciaron la fase de tratamiento con condición corporal pobre ( $<4$ ) pero que recibieron una dieta sobredotada de energía (140% de lo recomendado por el NRC, 1984) redujeron el período de anestro postparto en aproximadamente 14.2 días en comparación con las vacas que iniciaron flacas y recibieron una dieta con niveles de energía solo para mantenimiento hasta el parto. Contrariamente, las vacas con condición corporal inicial moderada, alimentadas hasta el parto con una dieta baja en energía, incrementaron el IPP 23 días por encima de las vacas que fueron alimentadas adecuadamente hasta el parto. Como consecuencia, los grupos de vacas nutricionalmente restringidas antes del parto tuvieron intervalos de anestro postparto más largos ( $P<.01$ ) que las vacas que llegaron al parto con condición corporal moderada después de haber consumido alimento con niveles adecuados de energía, lo cual sugiere que el nivel nutricional dado en el último tercio de la gestación ejerció influencia sobre el periodo de anestro postparto en las vacas. Resultados similares a los aquí observados han sugerido que los niveles de nutrición previo al parto afectaron la longitud del periodo de anestro postparto, siendo estos más cortos en vacas bien alimentadas que en vacas subalimentadas (Wiltbank *et al.*, 1962; Reardon *et al.*, 1978; Dunn y Kaltenbach, 1980; Duker *et al.*, 1985; Herd y Sprott, 1986; Swanson, 1989; Houghton *et al.*, 1990c).

Al parecer, el estímulo producido por el balance energético negativo en vacas que consumieron alimento bajo en energía es captado por el

sistema nervioso a nivel de hipotálamo cuya respuesta fue inhibir la síntesis o liberación de GnRH. Una menor concentración de GnRH probablemente significó menor liberación de LH y FSH por la hipófisis y con esto un retraso en el retorno de la actividad ovárica postparto. Estos procesos metabólicos y endocrinos pueden ser considerados para explicar por qué las vacas subalimentadas durante el último tercio de la gestación retrasaron más la llegada de un nuevo estro postparto en comparación con las vacas bien alimentadas. Estos argumentos, sobre los mecanismos por los cuales la nutrición previa al parto afecta a la función reproductiva postparto de las hembras, en los cuales están involucrados el hipotálamo, la hipófisis y, obviamente, los órganos reproductivos de la vaca, están basados por resultados previos de varios investigadores (Whisnant *et al.*, 1985; Richards *et al.*, 1989b; Randel *et al.*, 1990; Short *et al.*, 1990; Dunn y Moss, 1992).

Porque hubo efecto ( $P < .10$ ) de la producción de leche acumulada a los 60 días de lactancia sobre el periodo de anestro postparto, es posible suponer también alguna interacción entre el nivel de nutrición preparto y la producción de leche de la vaca durante los primeros meses de lactancia, lo cual pudo participar en el alargamiento del periodo de anestro postparto debido a que la producción de leche durante la primera fase de la lactancia, es gran competidora en el uso de la energía disponible, en la etapa en que, la vaca debe priorizar a favor de la producción láctea para la sobrevivencia del ternero en perjuicio de la reproducción. Ello supone un efecto adicional al efecto directo de la nutricional preparto, tanto de la producción de leche de la vaca como del tiempo de amamantamiento del ternero, sobre el periodo de anestro postparto en vacas que llegaron al parto con restricciones nutricionales. Estas consideraciones han sido fundamentadas en la importancia que se le ha dado también al nivel de producción de leche (Oxenreider y Wagner, 1971; Edgerton, 1980), y al amamantamiento (Whisnant *et al.*, 1986; Williams, 1990) para afectar la actividad reproductiva de las vacas después del parto.



#### 4.7.3. Efecto de la condición corporal al parto

El número de vacas ubicadas por su condición corporal al parto en uno de tres rangos de la escala y sus intervalos de anestro promedio son mostrados en el Cuadro 24. Las vacas flacas, de condición corporal pobre al parto ( $CCP < 4$ ), tuvieron intervalos de anestro postparto más largos ( $P < .10$ ) que las vacas que llegaron al parto con condición corporal moderada (12 días de diferencia) y que las vacas con condición corporal alta al parto (17 días de diferencia). Sin embargo, las diferencias en el largo del IPP entre vacas de condición corporal moderada y vacas gordas no fueron significativas.

Estos resultados concuerdan con los reportes de varios investigadores (Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988; Patterson *et al.*, 1992) quienes observaron que las vacas que llegaron al parto en una condición corporal pobre tuvieron intervalos de anestro postparto más largos que las vacas con condición corporal moderada al parto. Efectos similares sobre el IPP han sido reportados por Bartle *et al.* (1984), Ducker *et al.* (1985), y Rasby *et al.* (1991) en vacas que perdieron peso vivo y condición corporal antes del parto, ya que a estos animales exhibieron el primer estro postparto más tarde que las vacas que ganaron peso vivo y condición corporal durante el último tercio de la gestación. Algunos de estos investigadores (Bartle *et al.*, 1984; Ducker *et al.*, 1985) infieren que una excesiva remoción de grasa corporal previo al parto induce al animal después del parto a entrar en un balance energético negativo lo cual constituye una señal que indica a la vaca la conveniencia o no de reproducirse nuevamente ya que en la primera fase de la lactancia la producción de leche es prioritaria sobre la reproducción.

Debido a que en el presente estudio las vacas de condición corporal moderada al parto ( $CCP \geq 4$  a  $< 7$ ) y las vacas gordas ( $CCP \geq 7$ ) tuvieron IPP similares, ello corrobora los hallazgos de Richards *et al.* (1989a) respecto a

que una condición corporal al parto superior a 7 (escala de 1 a 9) no mejoró el comportamiento reproductivo de la vaca. Asimismo, los resultados son congruentes con los estudios que han señalado que el rango óptimo de condición corporal al parto para incrementar la actividad reproductiva de las vacas está ubicado entre 5 y 7 en la escala de condición corporal de 9 puntos (Dziuk y Bellows *et al.*, 1983; Herd y Sprott, 1986; Richards *et al.*, 1986; Short *et al.*, 1990).

#### 4.7.4. Efecto del genotipo de la vaca

Hubo diferencias significativas ( $P < .05$ ) entre los genotipos de las vacas estudiadas respecto al tiempo transcurrido del parto al primer estro (Cuadro 24) y las medias de mínimos cuadrados de IPP para cada genotipo indicaron que las vacas Angus y vacas cruzadas de Angus x Suizo Pardo y Suizo Pardo x Angus mostraron periodos de anestro postparto más cortos ( $39 \pm 10$  días) que las vacas de raza Suizo Pardo. Efectos genéticos similares para el anestro postparto han sido observados anteriormente (Holness *et al.*, 1978; Buck y Light, 1982), y es comúnmente aceptado que las razas lecheras retrasan más la llegada de su primer estro que las vacas productoras de carne (Dunn *et al.*, 1969; Hansen *et al.*, 1982). Estos autores atribuyeron las diferencias de longitud del intervalo de anestro postparto entre genotipos, a diferencias fisiológicas y/o físicas (por ejemplo: la condición corporal), al potencial para producir leche durante el inicio de la lactancia y a diferencias en el consumo de alimento. Es probable que algunos de esos efectos, sino es que todos, hayan actuado sobre el comportamiento reproductivo de los grupos genéticos analizados en el presente trabajo. De este modo, las vacas Suizo Pardo tuvieron un promedio de condición corporal menor al observado en las vacas Angus y las cruza recíprocas, lo cual pudo influir para retrasar la llegada del primer estro postparto; además la producción de leche diaria fue superior ( $P < .05$ ) en las vacas Suizo Pardo que en Angus, aunque fue similar a la producción de leche diaria de las cruza recíprocas (Girón y Hernández, 1995). Esas diferencias en la longitud del intervalo de anestro

postparto, por efecto de diferencias en la condición corporal y al nivel de producción diaria de leche también pueden ser explicadas entre las vacas Angus y las cruzas recíprocas aunque la producción diaria de leche fue menor en vacas Angus que en vacas cruzadas (Cuadro 19).

La interacción del nivel de energía en la dieta preparto y el genotipo de la vaca en relación con el intervalo del parto al primer estro fue analizada también por Bellows y Short (1978), quienes reportaron que las vacas Hereford tuvieron IPP más cortos que las vacas Angus (40 vs 46 días) y que las cruzas recíprocas (52 días), cuando previo al parto, los tres genotipos recibieron una alimentación adecuada, pero cuando los animales fueron restringidos nutricionalmente durante la fase final de la gestación, las vacas Hereford tuvieron periodos de anestro más largos (80 días) que los observados en vacas Angus (55 días) y que en las cruzas recíprocas (74 días). Esos efectos no fueron observados en el presente trabajo ya que la interacción entre el genotipo y el nivel de energía ofrecido antes del parto no fue significativa.

#### 4.7.5. Efecto del sexo de la cría

No hubo diferencias ( $P > .10$ ) del sexo de la cría sobre la longitud del intervalo de anestro postparto (Cuadro 23), lo cual implica que la fertilidad fue similar entre las vacas que parieron crías machos y las vacas que tuvieron crías hembras.

Otros resultados indican también que el sexo del ternero no tiene efecto sobre la amplitud del periodo de anestro postparto en las vacas (Laster *et al.*, 1973a; Doornbos *et al.*, 1984), mientras que Reynolds *et al.* (1978) y Bellows *et al.* (1982) reportaron influencias del sexo de los terneros sobre la fertilidad postparto de sus madres, lo cual implicó que las vacas que amamantaron becerros machos tuvieron periodos de anestro más largos en comparación con las vacas que tuvieron crías hembras, lo cual difiere con lo

observado en el presente estudio. En el mismo sentido, sugirieron que los becerros machos obtienen más leche de la madre por un estímulo mayor del amamantamiento, por lo que el periodo de anestro postparto puede ser prolongado (Short *et al.*, 1972).

#### 4.7.6. Efecto del número de parto de la vaca

La covariable número de parto no causó diferencias significativas ( $P < .10$ ) sobre la longitud del intervalo postparto (Cuadro 23). Este resultado difiere con lo que otros investigadores han reportado (Wiltbank, 1970; Bellows y Short, 1980; Rutter y Randel, 1984; Wright *et al.*, 1987), ya que es bien conocido que las vacas de primer parto retrasan más la llegada del primer estro postparto en comparación con las vacas adultas de 2 a 5 partos; asimismo, las vacas de más de 5 partos pueden disminuir su fertilidad y presentan periodos de anestro más largos después del parto (Doornbos *et al.*, 1984; Izaike *et al.*, 1984).

Aunque los caracteres reproductivos tienen bajos índices de herencia, es probable que en el presente experimento hayan sido consideradas aquellas vacas adultas de más de 5 partos que “han parido cada año” por lo cual mostraron una fertilidad similar al resto de animales. Sin embargo, el comportamiento de las vacas de primero y segundo parto es considerado como atípico.

En general, el efecto de la nutrición preparto y la condición corporal al parto sobre el anestro postparto puede ser resumido de la siguiente manera:

- a) El nivel de alimentación en el último tercio de la gestación tiene efectos relevantes sobre los aspectos reproductivos de las vacas. El consumo bajo de energía preparto resultó en un incremento del número de días transcurridos del parto al primer estro, mientras que las vacas, las

**cuales recibieron niveles altos de energía en la dieta antes del parto, mostraron periodos de anestro más cortos. En forma similar se observó que la condición corporal al parto, mostró una tendencia a afectar los intervalos reproductivos de las vacas, con lo cual, las hembras que llegaron al parto con condición corporal moderada o alta ( $\geq 4$ ) tuvieron periodos de anestro postparto más cortos que las vacas las cuales llegaron al parto con condición corporal pobre ( $< 4$ ).**

- b) En relación al nivel de producción de leche durante las primeras 9 semanas de lactancia, se puede señalar que, éste tuvo una participación importante en la regulación del comportamiento reproductivo de las hembras; las vacas que produjeron más leche, mostraron periodos de anestro postparto más largas en comparación con las vacas que tuvieron menores rendimientos de leche.**
- c) Finalmente, la interacción entre el nivel de energía de la dieta preparto, la condición corporal al parto, el nivel y la producción de leche, afectaron la longitud del periodo de anestro postparto, con lo cual, las vacas que llegaron al parto en condición corporal pobre, incrementaron la demanda de nutrientes para la síntesis de leche y para la recuperación de sus reservas corporales básicas, lo cual prolongó el intervalo de anestro postparto.**

## V. DISCUSION GENERAL

El concepto de condición corporal resultó ser útil para estimar el efecto del nivel nutricional preparto en las vacas, y su subjetividad puede ser disminuida reduciendo la variabilidad de los jueces y la variabilidad entre jueces a través de un mayor dominio de los criterios propuestos en la escala en relación con características corporales propias del animal. Las correlaciones dentro de juez fueron .89, .86 y .87, para las vacas de raza Brahman, Indobrasil y Suizo Pardo, y las correlaciones entre jueces fueron .84, .75 y .86, para las vacas de las mismas razas, respectivamente, por lo que, existió un alto grado de concordancia en cada uno de los jueces y entre jueces en la apropiación de los criterios propuestos por la escala, lo cual puede ser aprovechado para estimar la condición corporal en ganado productor de carne.

El nivel nutricional de la vaca en el último tercio de la gestación produjo cambios en la condición corporal. Las vacas subalimentadas movilizaron reservas corporales y llegaron al parto con condición corporal pobre, mientras que las vacas sobrealimentadas incrementaron la condición corporal al parto. Sin embargo, los cambios en el peso vivo por unidad de cambio en la condición corporal pueden ser mayores cuando el animal incrementa la condición corporal que cuando pierde condición corporal. Al parecer, la relación entre el cambio de peso vivo y el cambio en condición corporal tuvo un comportamiento lineal en algunos rangos de la escala, aunque hubo una tendencia cuadrática en las vacas gordas que perdieron peso y condición corporal antes del parto.

El nivel de nutrición preparto y la condición corporal al parto afectaron significativamente al peso al nacer, a la ganancia diaria de peso acumulada en los periodos del parto a los 30, 60, 90 y 120 días y al peso al destete, pero no hubo relación con la ganancia diaria al destete ajustada a 180 días. Los



no hubo relación con la ganancia diaria al destete ajustada a 180 días. Los terneros de vacas que llegaron gordas al parto nacieron más pesados que los terneros nacidos de vacas que llegaron al parto con condición corporal pobre. En consecuencia, los becerros nacidos de vacas gordas tuvieron ganancias de peso diarias superiores en comparación con los terneros provenientes de vacas que llegaron flacas al parto. Al parecer la tasa diaria de ganancia predestete estuvo determinada por el rendimiento diario en la producción de leche; de este modo las vacas nutricionalmente restringidas antes del parto incrementaron el consumo de alimento postparto pero produjeron menor cantidad de leche diaria que las vacas alimentadas adecuadamente durante el último tercio de la gestación, observándose en los becerros de las primeras un mayor crecimiento predestete y mayor peso al destete.

El nivel de energía consumida previo al parto y la condición corporal al parto tuvieron influencia importante sobre la longitud del periodo de anestro postparto. Las vacas subalimentadas tuvieron intervalos de anestro más largos que las vacas bien alimentadas en la fase de gestación tardía. Asimismo, la condición corporal de la vaca al parto resultó tener importancia sobre la amplitud del periodo de anestro postparto, por lo que, independientemente del plan de alimentación previo, las vacas que llegaron gordas al parto tuvieron intervalos de anestro postparto más cortos que las vacas que llegaron al parto con condición corporal pobre.

## **VI. CONCLUSIONES**

**Existió alta concordancia dentro de juez y entre jueces en la apropiación y dominio de los criterios de la escala lo cual permitió estimar la condición corporal en vacas productoras de carne y evaluar su efecto sobre la producción de leche de la vaca, sobre el crecimiento de sus terneros y sobre el periodo de anestro postparto.**

**El nivel de energía en la dieta preparto produjo cambios en el peso vivo y en la condición corporal de manera lineal. No obstante, hubo una tendencia cuadrática en el cambio de peso vivo por unidad de condición corporal en vacas que perdieron peso vivo y condición corporal antes del parto.**

**El nivel de energía en la dieta preparto y la condición corporal al parto mostraron efectos sobre el consumo de materia seca postparto y sobre la producción de leche de la lactancia subsecuente.**

**El nivel de energía en la dieta preparto y la condición corporal al parto influyeron de manera importante sobre el peso al nacer, la ganancia diaria predestete y sobre el peso al destete de los terneros.**

**El nivel de energía en la dieta preparto y la condición corporal al parto tuvieron influencia sobre el periodo de anestro postparto de las vacas.**

## VII. LITERATURA CITADA

- Ahmed, S. E., C. V. Hulet, A. L. Pope and L. E. Casida. 1955. The effect of level of feeding on the reproductive capacity of the ewe. *J. Anim. Sci.* 14:919.
- Allen, D. M. and G. E. Lamming. 1961. Nutrition and reproduction in the ewes. *J. Agric. Sci.* 56:69.
- Alkass, J. E., M. J. Bryant and J. S. Walton. 1982. Some effects of level of feeding and body condition upon sperm production and gonadotrophin concentrations in the ram. *Anim. Prod.* 34:265.
- AOAC. 1980. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. Washington, D.C.
- Apgar, J., D. Aspros, J. E. Hixon, R. R. Saatman and W. Hansel. 1975. Effect of restricted feed intake on the sensitivity of the bovine corpus luteum to LH in vitro. *J. Anim. Sci.* 41:1120.
- ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. London.
- Armstrong, J. D., J. H. Britt and R. R. Kraeling. 1986. Effect of restriction of energy during lactation on body condition, energy metabolism, endocrine changes and reproductive performance in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 63:1915.
- Armstrong, J. D. and J. H. Britt. 1987. Nutritionally-induced anestrus in gilts: metabolic and endocrine changes associated with cessation and resumption of estrous cycles. *J. Anim. Sci.* 65:503.
- Bailey, C.M. 1981. Calf survival and preweaning growth in divergent beef breeds and crosses. *J. Anim. Sci.* 52:1244.
- Baishya, N., S. V. Morant, G. S. Pope and J. D. Leaver. 1982. Rearing of dairy cattle. 8. Relationships of dietary energy intake, changes in live weight, body condition and fertility. *Anim. Prod.* 34:63.
- Bartle, S. J., J. R. Males and R. L. Preston. 1984. Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cow's milk production for calf growth. *J. Anim. Sci.* 58:1068.
- Beal, W. E., R. E. Short, R. B. Staigmiller, R. A. Bellows, C. C. Kaltenbach and T. G. Dunn. 1978. Influence of dietary energy intake on bovine pituitary and luteal function. *J. Anim. Sci.* 46:181.

- Beal, W. E., D. R. Notter and R. M. Akers. 1990. Techniques for estimation of milk yield in beef cows and relationships of milk yield to calf weight gain and postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 68:937.
- Beal, W. E. and J. M. Kearnan. 1993. Milk production and calf weaning weight. In *Proceedings beef improvement federation. Res. Symposium and annual meeting. May 26-29. North Carolina.*
- Belows, R. A., R. E. Short, D. C. Anderson, B. W. Knapp and O. F. Pahnish. 1971. Cause and effect relationships associated with calving difficulty and calf birth weight. *J. Anim. Sci.* 33:407.
- Bellows, R. A., R. E. Short, J. J. Urick and O. F. Pahnish. 1974. Effects of early weaning on postpartum reproduction of the dam and growth of calves born as multiples or singles. *J. Anim. Sci.* 39:589.
- Bellows, R. A. and R. E. Short. 1978. Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *J. Anim. Sci.* 46:1522.
- 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.
- Bellows, R. A., R. E. Short, R. B. Staigmiller and W. L. Milmine. 1988. Effects of induced parturition and early obstetrical assistance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 66:1073.
- Bines, J. A. and S. V. Morant. 1983. The effect of body condition on metabolic change associated with intake of food by the cow. *British J. of Nutr.* 50:81.
- Blaxter, K. L. 1956. The nutritive value of feeds as sources of energy: A review. *J. Dairy Sci.* 39:1396.
- Boggs, D. L., E. F. Smith, R. R. Schalles, B. E. Brent, L. R. Corah and R. J. Pruitt. 1980. Effects of milk and forage intake on calf performance. *J. Anim. Sci.* 51:550.
- Boisclair, Y., D. G. Grieve, J. B. Stone, O. B. Allen and G. K. Maclead. 1986. Effect of prepartum energy, body condition, and sodium bicarbonate on production of cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 69:2636.
- Bond, J. and J. N. Wiltbank. 1970. Effects of energy and protein on estrus, conception rate, growth and milk production on beef females. *J. Anim. Sci.* 30:438.

- Bourchier, C. P., P. C. Garnsworthy, J. M. Hutchinson and T. A. Benson. 1987. The relationship between milk yield, body condition and reproductive performance in high-yielding dairy cows. *Anim. Prod.* 44:460.
- Boyd, G. W., T. E. Kiser and R. S. Lowrey. 1987. Effects of prepartum energy intake on steroids during late gestation and on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 64:1703.
- Brethour, J. R. 1990. Relationship of ultrasound speckle to marbling score in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2603.
- Brinks, J. S., J. E. Olson and E. J. Carroll. 1973. Calving difficulty and its association with subsequent productivity in Hereford. *J. Anim. Sci.* 36:11.
- Broster, W. H. 1971. The effect on milk yield of the cow of the level of feeding before calving. *Dairy Sci. Abstr.* 33:253.
- Broster, W. H. and V. J. Broster. 1984. Reviews of the progress of dairy science: Long term effects of plane of nutrition on the performance of the dairy cow. *J. Dairy Res.* 51:149.
- Brown, B. W. 1994. A review of nutritional influences on reproduction in boars, bulls and rams. *Reprod. Nutr. Dev.* 34:89.
- Buck, N. G. and D. Light. 1982. Breed and environmental factors affecting the reconception of indigenous beef cows in Botswana. *Anim. Prod.* 35:413.
- Butler, W. R. and R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:767.
- Butson, S. and R. T. Berg. 1984. Lactation performance of range beef and dairy-beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 64:253.
- Buxton, D. A. L. 1982. Dairy cattle condition scoring in farm production and practice. Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand.
- Cantrell, J. A., J. R. Cropp, S. L. Armbruster, K. S. Lusby, R. P. Wetteman and R. L. Hintz. 1982. The influence of postpartum nutrition and weaning age of calves on cow body condition, estrus, conception rate and calf performance of fall-calving beef cows. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-112*:53.

- Carstairs, J. A., D. A. Morrow and R. S. Emery. 1980. Postpartum reproductive function of dairy cows as influenced by energy and phosphorus status. *J. Anim. Sci.* 51:1122.
- Carstens, G. E., D. E. Johnson, D. M. Holland and K. G. Odde. 1987. Effects of prepartum protein nutrition and birth weight on basal metabolism in bovine neonates. *J. Anim. Sci.* 65:745.
- Carruthers, T. D. and H. D. Hafs. 1980. Suckling and fourtimes daily milking: Influence on ovulation, estrus and serum luteinizing hormone, glucocorticoids and prolactin in postpartum Holsteins. *J. Anim. Sci.* 50:919.
- Casida, L. E. 1971. The postpartum interval and its relation to fertility in the cow, sow and ewe. *J. Anim. Sci.* 32 (Suppl.1):66.
- Chennette, C. G. and R. R. Frahm. 1981. Yield and composition of milk from various two-breed cross cows. *J. Anim. Sci.* 52:483.
- Chew, B. P., D. M. Holpuch and J. V. O'Fallon. 1984. Vitamin A and  $\beta$ -carotene in bovine and porcine plasma, liver, corpora lutea, and follicular fluid. *J. Dairy Sci.* 67:1316.
- Christenson, R. K. 1980. Environmental influences on the postpartum animal. *J. Anim. Sci.* 51(Suppl. 2):53.
- Clutter, A. C. and M. K. Nielsen. 1987. Effect of level of beef cow milk production on pre- and postweaning calf growth. *J. Anim. Sci.* 64:1313.
- Collier, R. J., S. G. Doelger, H. H. Head, W. W. Thatcher and C. J. Wilcox. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cow. *J. Anim. Sci.* 54:309.
- 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.
- Coulter, G. H. and G. C. Cozub. 1984. Testicular development epididymal sperm reserves and seminal quality in two-year-old Hereford and Angus bulls. Effects of two levels of dietary energy. *J. Anim. Sci.* 59:432.
- Cox, N. M., M. J. Stuart, T. G. Althen, W. A. Bennett and H. W. Miller. 1987. Enhancement of ovulation rate in gitts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *J. Anim. Sci.* 64:507.



- Croxton, D. and R. J. Stollard. 1976. The use of condition scoring as a management aid in dairy and beef cattle. *Anim. Prod.* 22:146 (Abstr.).
- Cundiff, L. V., K. E. Gregory, F. G. Schwulst and R. M. Koch. 1974. Effects of heterosis on maternal performance and milk production in Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *J. Anim. Sci.* 38:728
- Davis, D., R. R. Schalles, G. H. Kiracofe and D. L. Good. 1977. Influence of winter nutrition on beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.* 45:430.
- Day, M. L., K. Imakawa, D. D. Zalesky, R. J. Kittok and J. E. Kinder. 1986. Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.* 62:1641.
- Dean, R. A., J. H. Holloway, J. V. Whiteman, D. F. Stephens and R. Totusek. 1976. Feedlot performance of progeny of Hereford, Hereford x Holstein and Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 42:1290.
- Devenport, D. G. and A. H. Rakes. 1969. Effects of prepartum feeding level and body condition on the postpartum performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 52:1037.
- Dickerson, G. E. 1970. Efficiency of animal production-molding the biological components. *J. Anim. Sci.* 30:849.
- Dickerson, G. E. 1978. Animal size and efficiency: basic concepts. *Anim. Prod.* 27:367.
- Doornbos, D. E., R. A. Bellows, P. J. Burfening and B. W. Knapp. 1984. Effects of dam age, prepartum nutrition and duration of labor on productivity and postpartum reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.* 59:1.
- Drewry, K. J., S. P. Becker, T. G. Martin and L. A. Nelson. 1978. Crossing Angus and milking Shorthorn cattle: Calf performance to weaning. *J. Anim. Sci.* 46:83.
- Ducker, M. J. and S. V. Morant. 1984. Observations on the relationships between the nutrition, milk yield, live weight and reproductive performance of dairy cows. *Anim. Prod.* 38:9.
- Ducker, M. J., R. A. Haggett, W. J. Fisher, S. V. Morant and G. A. Bloomfield. 1985. Nutrition and reproductive performance of dairy cattle. *Anim. Prod.* 41:1.

- Dunn T. G., J. E. Ingalls, D. R. Zimmerman and J. N. Wiltbank. 1969. Reproductive performance of 2-year-old Hereford and Angus heifers as influenced by pre- and post-calving energy intake. *J. Anim. Sci.* 29:719.
- Dunn, T. G., J. Rone, C. C. Kaltenbach, L. A. Van Der Walt, M. L. Riley and A. M. Akbar. 1974. Hormone changes during underfeeding of beef cows. *J. Anim. Sci.* 39:206.
- Dunn, T. G. and C. C. Kaltenbach. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl.2):29.
- Dunn, T. G., M. L. Riley, W. J. Murdoch and R. A. Field. 1983. Body condition score and carcass energy content in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl.1):391.
- Dunn, T. G. and G. E. Moss. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70:1580.
- Dyrmundsson, O. R. 1973. Puberty and early reproductive performance in sheep. II. Ram lambs. *Anim. Breed. Abstr.* 41:419.
- Dziuk, P. J. and R. A. Bellows. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 2):355.
- Earle D. F., C. Grainger and A. A. McGowan. 1976. Scoring body condition of dairy cows. *Ellinbank Dairy Res. Sta., Dept. Agriculture Victoria, Australia.* p. 23.
- Edgerton, L. A. 1980. Effect of lactation upon the postpartum interval. *J. Anim. Sci.* 51(Suppl.2):40.
- Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68.
- Edwards, J. W., R. C. Canell, R. P. Garrett, J. W. Savell, H. R. Cross and M. T. Longnecker. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *J. Anim. Sci.* 67:3322.
- Evans, D. G. 1978. The interpretation and analysis of subjective body condition scores. *Anim. Prod.* 26:119.
- Ferrell, C. L., L. J. Koong and J. A. Nienaber. 1986. Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. *Br. J. Nutr.* 56:595.

- Fletcher, I. C. 1981. Effects of energy and protein intake on ovulation rate associated with the feeding of lupin grain to Merino ewes. *Aust. J. Agric. Res.* 32:79.
- Forero, O., F. N. Owens and K. S. Lusby. 1980. Evaluation of slow-release urea for winter supplementation of lactating range cows. *J. Anim. Sci.* 50:532.
- Fox, D. G. and J. R. Black. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 58:725.
- Fox, D. G., C. J. Sniffen and J. D. O'Connor. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *J. Anim. Sci.* 66:1475.
- Fox, D. G., C. J. Sniffen, J. D. O'Connor, J. B. Russell and P. J. Van Soest. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.* 70:3578.
- Fronk, T. J., L. H. Schultz and A. R. Hardie. 1980. Effect of dry period over-conditioning on subsequent disorders and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63:1080.
- Frood, J. M. and D. Croxton. 1978. The use of condition-scoring in dairy cows and its relationship with milk yield and live weight. *Anim. Prod.* 27:285.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gardner, R. W. 1969. Interactions of energy levels offered to Holstein cows prepartum and postpartum. I. Production responses and blood composition changes. *J. Dairy Sci.* 52:1973.
- Garmendia, J. C., R. P. Wetteman, K. S. Lusby, J. C. Baker and R. D. Geisert. 1986. Factors affecting mobilization of body fat in lactating beef cows. *Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-118*:312.
- Garnsworthy, P. C. and J. H. Topps. 1982. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Anim. Prod.* 35:113.
- Garnsworthy, P. C. and G. P. Jones. 1987. The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Anim. Prod.* 44:460.

- Garnsworthy, P. C. 1988. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Butterworths, London. p. 157.
- Garverick, H. A., J. R. Parfet, C. N. Lee, J. P. Copelin, R. S. Youngquist and M. F. Smith. 1988. Relationship of pre- and post-ovulatory gonadotropin concentrations to subnormal luteal function in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 66:104.
- Girón, H. P. y J. C. Hernández. 1995. Efecto de la condición corporal al parto sobre la producción de leche en vacas Angus, Suizo Pardo y sus cruza recíprocas. Tesis Profesional . Univ. Aut. Chapingo. Chapingo, México.
- Gladdie, V. M. and R. T. Berg. 1968. Milk production in range beef cows and its relationship to calf gains. *Can. J. Anim. Sci.* 48:323.
- Gombe, S. and W. Hansel. 1973. Plasma LH and Progesterone levels in heifers on restricted energy intakes. *J. Anim. Sci.* 37:728.
- González-Padilla, E., J. N. Wiltbank and G. D. Niswender. 1975. Puberty in beef heifers. I. The interrelationships between pituitary hypothalamic and ovarian hormones. *J. Anim. Sci.* 40:1091.
- Grainger, C., G. D. Wilhelms and A. A. McGowan. 1982. Effect of body condition at calving and level of feeding in early lactation on milk production of dairy cows. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 22:9.
- Grainger , C. and A. A. McGowan. 1982. The significance of pre-calving nutrition of the dairy cow. In *Dairy Production From Pasture*, by MacMillan, K. L. y V. K. Taufa. New Zealand and Australian Societies of Animal Production. p. 134.
- Gregory, K. E., L. V. Cundiff, R. M. Koch, D. B. Laster and G. M. Smith. 1978. Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. I. Preweaning traits. *J. Anim. Sci.* 47:1031.
- Gresham, J. D., J. W. Holloway, W. T. Butts, Jr. and J. R. McCurley. 1986. Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. *J. Anim. Sci.* 63:1041.
- Hampfrey, W. D., C. C. Kaltenbach, T. G. Dunn, D. R. Koritnik and G. D. Niswender. 1983. Characterization of hormonal patterns in the beef cow during postpartum anestrus. *J. Anim. Sci.* 56:445.

- Hansen, P. J., D. G. Baik, J. J. Rutledge and E. R. Hauser. 1982. Genotype x environmental interactions on productive traits of bovine females. II. Postpartum reproduction as influenced by genotype, dietary regimen, level milk production and parity. *J. Anim. Sci.* 55:1458.
- Hardin, D. R. and R. D. Randel. 1983. Effect of monensin on postpartum interval to first estrus and serum LH response to 0, 1, 2 or 4 mg estradiol-17 $\beta$  at 21 days postpartum. *Theriogenology*. 19:343.
- Haresign, W. 1984. Body condition, milk yield and reproduction in cattle. In *Ruminant Nutrition*. Ed. Butterworths, London. p. 1.
- Henricks, D. M., J. D. Rone, C. L. Ferrell and S. E. Echternkamp. 1986. A note on the effect of nutrition on ovulation and ovarian follicular populations in the individually fed post-partum beef heifer. *Anim. Prod.* 43:557.
- Herd, D. B. and L. R. Sprott. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Exp. Bull.* 1526. Texas A & M University.
- Hight, G. K. 1966. The effects on undernutrition in late pregnancy on beef cattle production. *New Zealand. J. Agr. Res.* 9:479.
- Hight, G. K. 1968. Plane of nutrition effects in late pregnancy and during lactation on beef cows and their calves to weaning. *New Zealand. J. Agr. Res.* 11:71.
- Hill, J. R., Jr., D. R. Lamond, D. M. Henricks, J. F. Dickey and G. D. Niswender. 1970. The effects of undernutrition on ovarian function and fertility in beef heifers. *Biol. Reprod.* 2:78.
- Hiroe, K., J. Masaki, T. Tomizuka and A. Hanada. 1965. Effect of nutrition on the characteristics of young Holstein bull semen. *Anim. Breed Abstr.* 33:1.
- Hoffman, M. 1990. The embryo takes its vitamins. *Science* 250:372.
- Holloway, J. W., D. F. Stephens, J. V. Whiteman and R. Totusek. 1975. Performance of 3-year-old Hereford, Hereford x Holstein and Holstein cows on range and drylot. *J. Anim. Sci.* 40:114.
- Holness, D. H., J. D. H. Hopley and D. H. Dale. 1978. The effects of plane of nutrition, live weight, temporary weaning and breed on the occurrence of oestrus in beef cows during the postpartum period. *Anim. Prod.* 26:47.



- Holter, J. B., M. J. Slotnick, H. H. Hayes, C. K. Bosak, W. E. Urban and M. L. McGilliard. 1990. Effect of prepartum energy intake on condition score, postpartum energy, nitrogen partitions and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73:3502.
- Hough, R. L., F. D. McCarthy, H. D. Kent, D. E. Eversole and M. L. Wahlberg. 1990. Influence of nutrition restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:2622.
- Houghton, P. L., R. P. Lemenager, K. S. Hendrix, G. E. Moss and T. S. Stewart. 1990a. Effects of body composition, pre and postpartum energy intake and stage of production on energy utilization by beef cows. *J. Anim. Sci.* 68:1447.
- 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.
- Houghton, P. L., R. P. Lemenager, L. A. Horstman, K. S. Hendrix and G. E. Moss. 1990c. Effects 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.
- Houghton, P. L. and L. M. Turlington. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J. Anim. Sci.* 70:930.
- Hove, K. 1978. Insuline secretion in lactating cows: Responses to glucose infused intravenously in normal, ketonemic and starved animals. *J. Dairy Sci.* 61:1407.
- Hunter, R. A. and N. G. Buck. 1985. Nutritional and climatic limits to beef production in the tropics.
- Hurley, W. L. and R. M. Doane. 1989. Recent developments on the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J. Dairy Sci.* 72:784.
- Imakawa, K., R. J. Kittok and J. E. Kinder. 1983. The influence of dietary energy intake on progesterone concentrations in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56:454.
- Imawaka, K., M. L. Day, M. García-Winder, D. D. Zalesky, R. J. Kittok, B. D. Schanbacher and J. E. Kinder. 1986. Endocrine changes during restoration of estrus cycles following induction of anestrus by restricted nutrient intake in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 63:565.



- Imakawa, K., M. D. Day, D. D. Zalesky, A. Clutter, R. J. Kittok and J. E. Kinder. 1987. Effects of 17- $\beta$ -estradiol and diets varying in energy on secretion of luteinizing hormone in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 64:805.
- Izaïke, Y., K. Okano, K. Shimada and T. Oishi. 1984. Relationship between postpartum reproductive performance and parity in beef cows. *J. Anim. Reprod.* 30:206.
- Jaeger, J. R., H. A. Turner and F. Stormshak. 1987. Gonadotropin releasing hormone-induce secretion of luteinizing hormone during the milk-ejection reflex in the postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 65:543.
- Jaquette, R. D., A. H. Rakes and W. J. Croom, Jr. 1988. Effects of body condition and protein on milk fat depression in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:2123.
- Jefferies, B. C. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasm. J. Agric.* 32:19.
- Jeffery, H. B., R. T. Berg and R. T. Hardin. 1971. Factors affecting preweaning performance in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 51:561.
- Johnsson, I. D. and J. M. Obst. 1984. The effects of level of nutrition before and after 8 months of age on subsequent milk and calf production of beef heifers over three lactations. *Anim. Prod.* 38:57.
- Jordan, E. R. and L. V. Swanson. 1979. Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein and albumin in the high-producing dairy cow. *J. Dairy Sci.* 62:58.
- Karsch, F. J., E. L. Bittman, D. L. Foster, R. L. Goodman, S. L. Legan and J. E. Robinson. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent. Prog. Horm. Res.* 40:185.
- Kearnan, J. M. and W. E. Beal. 1992. Impact of pre- and postpartum diets on milk production, calf weaning weight and rebreeding in beef cows. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl.1):277.
- Kempster, A. J., D. Arnall, J. C. Alliston and J. D. Barker. 1982. An evaluation of two ultrasonic machines (Scanogram and Danscanner) for predicting the body composition of live sheep. *Anim. Prod.* 34:249.
- Kiracofe, G. H. 1980. Uterine involution: Its role in regulating postpartum intervals. *J. Anim. Sci.* 51(Suppl.2):16.

- Klosterman, E. W., L. G. Sanford and C. F. Parker. 1968. Effects of cow size and condition and ration protein content upon maintenance requirements of mature beef cows. *J. Anim. Sci.* 27:242.
- Kress, D. D., R. E. Hauser and A. B. Chapman. 1969. Efficiency of production and cow size in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 29:373.
- Kress, D. D., D. E. Doornbos and D.C. Anderson. 1990. Performance of crosses among Hereford, Angus and Simmental cattle with different levels of Simmental breeding: V. Calf production, milk production and reproduction of three to eight-year-old-dam. *J. Anim. Sci.* 68:1910.
- Kunz, P. L., J. H. Blum, I. C. Hart, H. Bickel and J. Landis. 1985. Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40:219.
- La Voie, V., D. K. Han, D. B. Foster and E. L. Moody. 1981. Suckling effect on estrus and blood plasma progesterone in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 52:805.
- Laflamme, L. F. and M. L. Connor. 1992. Effect of postpartum nutrition and cow body condition at parturition on subsequent performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72:843.
- Lamond, D. R., J. H. G. Holmes and K. P. Haydock. 1969. Estimation of yield and composition of milk produced by beef cows. *J. Anim. Sci.* 29:606.
- Lamond, D. R. 1970. The influence of under nutrition on reproduction in the cow. *Anim. Breed. Abstr.* 38:359.
- Land, C. and J. D. Leaver. 1980. The effect of body condition at calving on the milk production and feed intake of dairy cows. *Anim. Prod.* 30:449.
- Land, C. and J. D. Leaver. 1981. The effect of body condition at calving on the production of Friesian cows and heifers. *Anim. Prod.* 32:362.
- Lara, B. A. 1989. Evaluación genética de producción de leche por día interparto en vacas Holstein en México. Tesis Profesional. Univ. Aut. Chapingo. Chapingo, México.
- Laster, D. B., H. A. Glimp and K. E. Gregory. 1973a. Effects of early weaning on postpartum reproduction of cows. *J. Anim. Sci.* 36:734.
- Laster, D. B., H. A. Glimp, L. V. Cundiff and K. E. Gregory. 1973b. Factors affecting dystocia and the effects of dystocia on subsequent reproduction in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 36:695.

- Leaver, J. D. 1977. Rearing of dairy cattle: effect of level of nutrition and body condition on the fertility of heifers. *Anim. Prod.* 25:219.
- Lemenager, R. P., L. A. Nelson and K. S. Hendrix. 1980. Influence of cow size and breed type on energy requirements. *J. Anim. Sci.* 51:566.
- Lindsay, D. R., J. Pelletier, C. Pisselet and M. Courot. 1984. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth of rams. *J. Reprod. Fertil.* 71:351.
- Lishman, A. H., S. M. J. Allison, R. L. Fogwell, R. L. Butcher and E. K. Inskeep. 1979. Follicular development and function of induced corpora lutea in underfed postpartum anestrous beef cows. *J. Anim. Sci.* 48:867.
- Little, D. A. 1975. Effects of dry season supplements of protein and phosphorus to pregnant cows on the incidence of first post-partum oestrus. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15:25.
- Long, C. W. 1980. Crossbreeding in beef cattle: Experimental results. *J. Anim. Sci.* 51:1243.
- Lowman, B. G., N. A. Scott and S. H. Somerville. 1976. Condition scoring of cattle. *Bull. No. 6. The East of Scotland College of Agriculture.*
- Lubritz, D. L., K. Forrest and O. W. Robison. 1989. Age of cow and age of dam effects on milk production of Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 67:2544.
- Malven, P. V., J. R. Parfet, D. W. Gregg, R. D. Allrich and G. E. Moss. 1986. Relationships among concentrations of four opioid neuropeptides and luteinizing hormone-releasing hormone in neural tissues of beef cows following early weaning. *J. Anim. Sci.* 62:723.
- Manns, J. G., W. D. Humphrey, P. F. Flood, R. J. Mapletoff, N. Rawlings and K. W. Cheng. 1983. Endocrine profiles and functional characteristics of corpora lutea following onset of postpartum ovarian activity in beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 63:331.
- Marshall, D. A., W. R. Parker and C. A. Dinkel. 1976. Factors affecting efficiency to weaning in Angus, Charolais and reciprocal cross cows. *J. Anim. Sci.* 43:1176.
- Marshall, T. T., D. D. Hargrave and T. A. Olson. 1987. Heterosis and additive breed effects on feedlot and carcass traits from crossing Angus and Brown Swiss. *J. Anim. Sci.* 64:1332.

- Marston, T. T., D. D. Simms, R. R. Schalles, K. O. Zoellner, 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.
- Marston, T. T., K. S. Lusby, R. P. Wettemann and H. T. Purvis. 1995. Effects of feeding energy on protein supplements before or after calving on performance of spring-calving cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 73:657.
- Martin, G. B., S. R. D. Sutherland and D. R. Lindsay. 1987. Effects of nutritional supplements on testicular size and the secretion of LH and testosterone in Merino and Booroola rams. *Anim. Reprod. Sci.* 12:267.
- Martin, G. B., S. Tjondronegoro and N. R. Adams. 1989. Effect of changes in nutritional status on LH secretion in rams. *Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol.* 21:6.
- McCann, J. P. and T. J. Reimers. 1985. Insuline response to glucose in estrous and diestrous obese and lean heifers. *J. Anim. Sci.* 61:619.
- McMorris, M. R. and J. W. Wilton. 1986. Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. *J. Anim. Sci.* 63:1361.
- Mejía, N. A., J. C. Milagres, A. C. G. Castro and J. A. García. 1983. Genetic and environmental factors affecting milk yield of Brown swiss and Holstein Friesian cows in Central america (Honduras). *Anim. Breed. Abst.* 51:434.
- Melton, A. A., J. K. Riggs, L. A. Nelson and T. C. Cartwright. 1967. Milk production, composition and calf gains of Angus, Charolais and Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 26:804.
- Mezzadra, C., R. Paciaroni, S. Vulich, E. Villarreal and L. Melucci. 1989. Estimation of milk consumption curve parameters for different genetic groups of bovine calves. *Anim. Prod.* 49:83.
- Miquel, M. C. and E. L. Villarreal. 1981. Pesos y medidas corporales de terneros de diversas razas o cruas al nacer. *Producción Animal* 8:287. Argentina.
- Moore, C. P. and C. M. Campos da Rocha. 1983. Reproductive performance of Gyr cows: The effect of weaning age of calves and postpartum energy intake. *J. Anim. Sci.* 57:807.

- Moss, G. E., J. R. Parfet, C. A. Marvin, R. D. Allrich and M. A. Diekman. 1985. Pituitary concentrations of gonadotropins and receptors for GnRH in suckled beef cows at various intervals after calving. *J. Anim. Sci.* 60:285.
- Mulvany, P. 1977. Dairy cow condition scoring. Pap. Natn. Inst. Res. Dairy ing. Reading, UK. 4468.
- Murray, P. J., J. B. Rowe, D. W. Pethick and N. R. Adams. 1990. The effect of nutrition on testicular growth in the Merino ram. *Aust. J. Agric. Res.* 41:185.
- Nelsen, T. C., R. E. Short, W. L. Reynolds and J. J. Urick. 1985. Palpated and visually assigned condition scores compared with weight, height and heart girth in Hereford and crossbred cows. *J. Anim. Sci.* 60:363.
- Nelson, L. A. and G. D. Beavers. 1982. Beef x beff and dairy x beef females mated to Angus and Charolais sire. I. Pregnancy rate, dystocia and birth weigh. *J. Anim. Sci.* 54:1138.
- Neville, W. E. Jr. 1962. Influence of dam's milk production and other factors on 120- and 240 day weight of Hereford calves. *J. Anim. Sci.* 21:315.
- Neville, W. E. Jr., E. P. Warren and W. A. Griffery. 1974. Estimates of age effects of milk production in Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 38:1.
- Nicholson, M. J. and M. H. Butterworth. 1986. A guide to condition scoring of Zebu cattle. International Livestock Centre for Africa. Addis Ababa, Ethiopia. pp. 29.
- Nicholson, M. J. and A. R. Sayers. 1986. Relationships between body weight, condition score and heat girth changes in Boran cattle. *Trop. Anim. Health. Prod.* 58:197.
- Nicoll, G. B. 1981. Sources of variation in the condition scoring of cows. *Ir. J. Agric. Res.* 20:27.
- Nolan, C. J., R. C. Bull, R. G. Sasser, C. A. Ruder, P. M. Panlasigui, H. M. Shoeneman and J. J. Reeves. 1988. Postpartum reproduction in protein restricted beef cows: effect on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis. *J. Anim. Sci.* 66:3208.
- Nolan, C. J., D. A. Nevendorff, R. W. Godfrey, P. G. Harms, T. H. Welsh Jr., N. H. McArthur and R. D. Randel. 1990. Influence of dietary energy intake on prepubertal development of Brahman bulls. *J. Anim. Sci.* 68:1087.



- Northcutt, S. L., D. E. Wilson and R. L. Willham. 1992. Adjusting weight for body condition score in Angus cows. 70:1342.
- Notter, D. R., L. V. Cundiff, G. M. Smith, D. B. Laster and K. E. Gregory. 1978a. Characterization of biological types of cattle. VI. Transmitted and maternal effects on birth and survival traits in progeny of young cows. J. Anim. Sci. 46:892.
- Notter, D. R., L. V. Cundiff, G. M. Smith, D. B. Laster and K. E. Gregory. 1978b. Characterization of biological types of Cattle. VII. Milk production in young cows and transmitted and maternal effects on preweaning growth of progeny. J. Anim. Sci 46:908.
- NRC, 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle (6<sup>th</sup> ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
- Odde, K. G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. J. Anim. Sci. 68:817.
- Oldham, C. M., N. R. Adams, P. B. Gherardi, D. R. Lindsay and J. B. Mackintosh. 1978. The influence of levels of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram. Aust. J. Agric. Res. 29:173.
- Olson, T. A., Dijk Anke Van, M. Koger, D. D. Hargrove and D. E. Franke. 1985. Additive and heterosis effects on preweaning traits, maternal ability and reproduction from crossing of the Angus and Brown Swiss breeds in Florida. J. Anim. Sci. 61:1121.
- Ortigue, I., M. Petit and J. Agabriel. 1993. Influence of body condition on maintenance energy requirements of Charolais cows. Anim. Prod. 57:47.
- Osoro, K. and I. A. Wright. 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. J. Anim. Sci. 70:1661.
- Oxenreider, S. L. and W. C. Wagner. 1971. Effect of lactation and energy intake on postpartum ovarian activity in the cow. J. Anim. Sci. 33:1026.
- Patterson, D. J., L. R. Corah, G. H. Kiracofe, J. S. Stevenson and J. R. Brethour. 1989. Conception rate in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers after postweaning energy manipulation and synchronization of estrus with Melengestrol acetate and Fenprostalene. J. Anim. Sci. 67:1138.



- Patterson, D. J., L. R. Corah, J. R. Brethour, J. J. Higgins, G. H. Kiracofe and J. S. Stevenson. 1992. Evaluation of reproductive traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers: Relationship of age at puberty to length of the postpartum interval to estrus. *J. Anim. Sci.* 70:1994.
- Peck, D. D., F. N. Thompson, A. Jernigan and T. E. Kiser. 1988. Effect of morphine on serum gonadotropin concentrations in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 66:2930.
- Pérez, C. C., I. G. Buzzetti, P. N. Barría and M. F. González. 1986. Milk yield characters in Holstein Friesian cows in the Metropolitan region of Chile. I. Phenotypic characters and factors affecting variation. *Anim. Breed. Abst.* 54:356.
- Perry, R. C., L. R. Corah, R. 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.
- Price, J. F., H. B. Pfost, A. M. Pearson and C. W. Hall. 1958. Some observations on the use of ultrasonic measurements for determining fatness and leanness in live animals. *J. Anim. Sci.* 17:1156 (Abstr.).
- Pullan, N. B. 1978. Condition scoring of White Fulani cattle. *Trop. Anim. Health. Prod.* 10:118.
- Rakestraw, J., K. S. Lusby, R. P. Wettemann and J. J. Wagner. 1986. Postpartum weight and body condition loss and performance of fall-calving cows. *Theriogenology.* 26:461.
- Randel, R. D. and R. C. Rhodes. III. 1980. The effect of dietary monensin on the luteinizing hormone response of prepuberal heifers given a multiple gonadotropin releasing hormone challenge. *J. Anim. Sci.* 51:925.
- Randel, R. D. 1981. Effect of once-daily suckling on postpartum interval and cow-calf performance of first calf Brahman x Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 53:755.
- Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853.
- Rasby, R. J., R. P. Wettemann, R. D. Geisert, L. E. Rice and C. R. Wallace. 1990. Nutrition, body condition and reproduction in beef cows: fetal and placental development, and estrogens and Progesterone in plasma. *J. Anim. Sci.* 68:4267.

- Rasby, R. J., R. P. Wettemann, R. D. Geisert, J. J. Wagner and K. S. Lusby. 1991. Influence of nutrition and body condition on pituitary, ovarian, and thyroid function of non lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 69:2073.
- Read, M. V. P., E. A. N. Engels and W. A. Smith. 1986. Phosphorus and the grazing ruminant. 2. The effects of supplementary P on cattle at Glen and Armoedsvlakte. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 16:7.
- Reardon, T. F., R. A. S. Welch, D. E. Wrigth and M. W. Brinsmead. 1978. Pre-calving nutrition of beef cows. *Proc. N. z. Soc. Anim. Prod.* 32:202.
- Reeves, J. J. and C. T. Gaskins. 1981. Effect of once-a-day nursing on rebreeding efficiency of beef cows. *J. Anim. Sci.* 53:889.
- Reid, J. T. 1960. Effect of energy intake upon reproduction in farm animals. *J. Dairy Sci.* 43 (Supl.):103.
- Reyes, M. A. Ch. 1992. Efecto del nivel de alimentación en el período seco y la condición corporal al parto sobre la producción de leche de vacas Holstein. Tesis Profesional. Univ. Aut. Chapingo. Chapingo, México.
- Reynolds, W. L., T. M. DeRoven and R. A. Bellows. 1978. Relationships of milk yield of dam to early growth rate of straightbred and crossbred calves. *J. Anim. Sci.* 47:584.
- 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.
- Richards, M. W., R. P. Wettemann and H. M. Schoenemann. 1989a. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67:1520.
- Richards, M. W., R. P. Wettemann and H. M. Schoenemann. 1989b. Nutritional anestrus in beef cows: concentrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. *J. Anim. Sci.* 67:2354.
- Richardson, L. F., A. P. Raun, E. L. Potter, C. O. Cooley and R. P. Rathmacher. 1976. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *J. Anim. Sci.* 43:657.
- Richardson, F. D., J. Oliver and G. P. I. Clarke. 1978. The pre-weaning and post-weaning growth of beef calves in relation to the amounts of milk and solid food consumed during the suckling period. *Rhodesia J. Agric. Res.* 16:97.

- Robison, O. W., M. K. M. Yusuiff and E. V. Dillard. 1978. Milk production in Hereford cows. I. Means and correlations. *J. Anim. Sci.* 47:131.
- Rogers, G. L., C. Grainger and D. F. Earle. 1979. Effect of nutrition of dairy cows in late pregnancy on milk production. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19:7.
- Russel, A. J. F., J. M. Doney and R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci., Camb.* 72:451.
- Russel, A. J. F., J. M. Doney and R. G. Gunn. 1971. The distribution of chemical fat in the bodies of Scottish Blackface ewes. *Anim. Prod.* 13:503.
- Russel, A. J. F., J. N. Peart, J. Eadie, A. J. Macdonald and I. R. White. 1979. The effect of energy intake during late pregnancy on the production from two genotypes of suckler cow. *Anim. Prod.* 28:309.
- Russel, A. J. F. and I. A. Wright. 1983. The use of blood metabolites in the determination of energy status in beef cows. *Anim. Prod.* 37:335.
- Rutledge, J. J., O. W. Robison, W. T. Ahlschwede and J. E. Legates. 1971. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 33:563.
- Rutter, L. M., R. D. Randel, G. T. Schelling and D. W. Forrest. 1983. Effect of abomasal infusion of propionate on the GnRH-induced luteinizing hormone release in prepuberal heifers. *J. Anim. Sci.* 56:1167.
- Rutter, L. M. and R. D. Randel. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition: Effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265.
- Rutter, L. M. and J. G. Manns. 1987. Hypoglycemia alters pulsatile luteinizing hormone secretion in the postpartum beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:479.
- SAS, 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, N.C.
- Sasser, R. G., R. J. Williams, R. C. Bull, C. A. Ruder and D. G. Kalk. 1989. Postpartum reproductive performance in crude protein restricted beef cows: return to estrus and conception. *J. Anim. Sci.* 66:3033.
- 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.

- Shively, T. E. and G. L. Williams. 1987. Premature calf return attenuates neuroendocrine and ovarian responses to temporary weaning in anestrus cows. *J. Anim. Sci.* 65(Suppl.1):423 (Abstr.).
- Short, R. E., R. A. Bellows, E. L. Moody and B. E. Howland. 1972. Effects of suckling and mastectomy on bovine postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 34:70.
- Short, R. E., R. D. Randel and R. A. Bellows. 1974. Factors affecting reproduction in the postpartum cow. *J. Anim. Sci.* 39:226 (Abstr.).
- Short, R. E. and D. C. Adams. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.* 68:29.
- Short, R. E., A. Bellows, R. B. Staigmiller, J. G. Berardinelli and E. E. Custer. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799.
- Skaggs, C. L., B. V. Able and J. S. Stevenson. 1986. Pulsatile or continuous infusion of luteinizing hormone-releasing hormone and hormonal concentrations in prepubertal beef heifers. *J. Anim. Sci.* 62:1034.
- Smeaton, D. C., D. G. McCall and J. B. Clayton 1986. Calving date effects on beef cow productivity. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 46:149.
- Smith, L. E. and C. K. Vincent. 1972. Effects of early weaning and exogenous hormone treatment on bovine postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 35:1228.
- Smith, G. M., D. B. Laster and K. E. Gregory. 1976. Characterization of biological types of cattle. I. Dystocia and preweaning growth. *J. Anim. Sci.* 43:27.
- Smith, M. F., W. C. Burrell, L. D. Shipp, L. R. Sprott, W. N. Songster and J. N. Wiltbank. 1979. Hormone treatments and use of calf removal in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 48:1285.
- Smith, J. F. 1988. Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. *Aust. J. Biol. Res.* 41:27.
- Spitzer, J. C., G. D. Niswender, G. E. Seidel, Jr. and J. N. Wiltbank. 1978. Fertilization and blood levels of progesterone and LH in beef heifers on a restricted energy diet. *J. Anim. Sci.* 46:1071.
- Staigmiller, R. B., R. E. Short, R. A. Bellows and J. B. Carr. 1979. Effect of nutrition on response to exogenous FSH in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 48:1182.

- Steenkamp, J. D. G., C. vander Horst and M. J. A. Andrew. 1975. Reconception in grade and pedigree Africander cows of different sizes: post-partum factors affecting reconception. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 5:103.
- Stuedemann, J. A., S. R. Wilkinson, A. B. Claude, H. Ciordia, M. L. Dudzinsky and D. J. Williams. 1981. Effect of once-daily-suckling of young Angus cows on their reproduction and calf growth. *J. Anim. Sci.* 52 (Suppl.1):370 (Abstr.).
- Swanson, L. V. 1989. Discussion interactions of nutrition and reproduction. *J. Dairy Sci.* 72:805.
- Thompson, W. R., D. H. Theuninck, J. C. Meiske, R. D. Goodrich, J. R. Rust and F. M. Byers. 1983. Linear measurements and visual appraisal as estimators of percentage empty body fat of beef cows. *J. Anim. Sci.* 56:755.
- Thonney, M. L., E. K. Heide, D. L. Duhaime, R. J. Hand and D. J. Perosio. 1981. Growth, feed efficiency and metabolite concentrations of cattle fed high forage diets with lasolacid or monensin supplements. *J. Anim. Sci.* 52:427.
- Tolleson, D. R. and R. D. Randel. 1988. Effects of alfaprostol and uterine palpation on postpartum interval and pregnancy rate to embryo transfer in Brahman influence beef cow. *Theriogenology* 29:555.
- Totusek, R., D. W. Arnett, G. L. Holland and J. V. Whiteman. 1973. Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gain. *J. Anim. Sci.* 37:153.
- Treacher, T. T. 1970. Effects of nutrition in late pregnancy on subsequent milk production in ewes. *Anim. Prod.* 12:23.
- Treacher, R. J., I. M. Reid and C. J. Roberts. 1986. Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. *Anim. Prod.* 43:1.
- Trout, W. E. and P. V. Malven. 1988. Quantification of naloxone binding sites in brains from suckled beef cows during postpartum anestrus and resumption of estrous cycles. *J. Anim. Sci.* 66:954.
- Troxel, T. R., D. J. Kesler, R. C. Noble and S. E. Carlin. 1980. Ovulation and reproductive hormones following steroid pretreatment, calf removal and GnRH in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 51:652.



- Turner, H. G. 1982. Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationship to fertility. *Anim. Prod.* 35:401.
- VanDermark, N. L. and R. E. Mauger. 1964. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. I. Growth , reproductive organs y puberty. *J. Dairy Sci.* 47:798.
- van Niekerk, A. 1982. The effect of body condition as influenced by winter nutrition on the reproductive performance of the beef cow. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 12:383.
- van Niekerk, B. D. H. and G. A. Jacobs. 1985. Protein, energy and phosphorus supplementation of cattle fed low quality for age. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 15:133.
- Vizcarra, J. A., W. Ibáñez, y R. Orcasberro. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. Centro de Inv. Agric. "Amado Boerge". Uruguay. *Investigaciones Agronómicas No.* 7:45.
- Waghorn, G. C., J. F. Smith and M. J. Ulyatt. 1990. Effect of protein and energy intake on digestion and nitrogen metabolism in wethers and ovulation in ewes. *Anim. Prod.* 51:291.
- Wagner, J. J., K. S. Lusby, J. W. Oltjen, J. Rakestraw, R. P. Wettemann and L. E. Walters. 1988a. Carcass composition in mature Hereford cows: Estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.* 66:603.
- Wagner, J. J., K. S. Lusby and J. W. Oltjen. 1988b. Relationship between condition score, environmental conditions and metabolizable energy for maintenance during winter in mature, nonpregnant, nonlactating Hereford cows. *Oklahoma Agr. Exp. Sta. MP-5402:28.*
- Warnick, A. C. 1955. Factors associated with the interval from parturition to first estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 14:1003.
- Warrington, B. F., F. M. Byers, G. T. Schelling, J. F. Baker and L. W. Greene. 1985. Heifer and calf growth as affected by prepartum energy levels. *J. Anim. Sci.* 61(suppl. 1):458.
- Wettemann, R. P., E. J. Turman, R. D. Wyatt and R. Totusek. 1978. Influence of suckling intensity on reproductive performance of range cows. *J. Anim. Sci.* 47:342.



- Wheeler, M. B., G. B. Anderson, C. J. Munro and G. H. Stabenfeldt. 1982. Prolactin response in beef cows and heifers suckling one or two calves. *J. Reprod. Fertil.* 64:243.
- Whisnant, C. S., T. E. Kiser, F. N. Thompson and J. B. Hall. 1985. Effect of nutrition on the LH response to calf removal and GnRH. *Theriogenology*. 24:565.
- Whisnant, C. S., T. E. Kiser, F. N. Thompson and C. R. Barb. 1986. Influence of calf removal on the serum luteinizing hormone response to naloxone in the postpartum beef cow. *J. Anim. Sci.* 63:561.
- Whitman, R. W. 1975. Weight change, body condition and beef-cow reproduction. Ph.D. Dissertation. Colorado State Univ., Fort Collins.
- Wildman, E. E., G. M. Jones, P. E. Wagner and R. L. Bowman. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495.
- Wilson, L. L., J. E. Gillooly, M. C. Rugh, C. E. Thompson and H. R. Purdy. 1969. Effects of energy intake, cow body size and calf sex on composition and yield of milk by Angus-Holstein cows and preweaning growth rate of progeny. *J. anim. Sci.* 28:789.
- Wiltbank, J. N. y A. C. Cook. 1958. The comparative reproductive performance of nursed cows and milked cows. *J. Anim. Sci.* 17:640.
- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J. E. Ingalls, K. E. Gregory and R. M. Koch. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21:219.
- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J.E. Ingalls and D.R. Zimmerman. 1964. Influence of post-partum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake prior to calving. *J. Anim. Sci.* 23:1049.
- Wiltbank, J. N. 1970. Research needs in beef cattle reproduction. *J. Anim. Sci.* 31:755.
- Williams, G. L. y D. E. Ray. 1980. Hormonal and reproductive profiles of early postpartum beef heifers after prolactin suppression or steroid-induced luteal function. *J. Anim. Sci.* 50:906.
- Williams, G. L., J. Kotwica, W. D. Slanger, D. K. Olson, J. E. Tilton and L. J. Joanson. 1982. Effect of suckling on pituitary responsiveness to gonado-tropin-releasing hormone throughout the early postpartum period of beef cows. *J. Anim. Sci.* 54:594.

- Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. J. Anim. Sci. 68:831.**
- Wright, I. A. and A. J. F. Russel. 1984a. Estimation in vivo of the chemical composition of the bodies of mature cows. Anim. Prod. 38:33.**
- Wright, I. A. and A. J. F. Russel. 1984b. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. Anim. Prod. 38:23.**
- Wright, I. A., A. J. F. Russel and E. A. Hunter. 1986. The use of body condition scoring to ration beef cows in late pregnancy. Anim. Prod. 43:391.**
- Wright, I. A., S. M. Rhind, A. J. F. Russel, T. K. Whyte, A. J. McBean and S. R. McMillen. 1987. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrous period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. Anim. Prod. 45:395.**
- Wright, I. A., A. J. F. Russel and E. A. Hunter. 1994. The effect of genotype x environment interaction on biological efficiency in breed cows. Anim. Prod. 58:197.**

