



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DE
VAQUILLONAS HEREFORD Y BRAHMAN x HEREFORD
EN EL SERVICIO DE 18 MESES DE EDAD**

por

FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACIÓN Y
BIBLIOTECA

**Mauricio BORGES PELAGGIO
Carlos Federico FRICK CAPURRO**

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

**Montevideo
Uruguay
2002**

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. Daniel Horacio Sampedro

 Ing. Agr. Virginia Beretta

 Ing. Agr. Álvaro Simeone

Fecha: 20/12/2002

Autor: Mauricio Borges Pelaggio

 Carlos Federico Frick Capurro

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Daniel Sampedro, quien desinteresadamente nos brindó la información generada por su equipo de trabajo durante muchos años para que realicemos esta tesis, y nos orientó durante todo el trabajo.

Al director de la Estación Experimental Agropecuaria – INTA Mercedes (Ctes, RA), Ing. Arg. Fernando Arias Usandivaras, que nos permitió realizar el trabajo final esa institución.

A todas las personas que trabajan en la EEA INTA Mercedes que muy amablemente nos recibieron, alojaron y apoyaron para la elaboración de este trabajo, especialmente al Ing. Agr. Oscar Vogel y al Pto. Agr. Ramón Celser.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancur, por su asesoramiento en el área estadística, fundamental para el desarrollo de ésta tesis.

A la Ing. Agr. Virginia Beretta por su fundamental apoyo y asesoramiento en el orden y la estructura de este trabajo.

A nuestras familias, que nos brindaron todo su apoyo durante toda la carrera.

A los compañeros que compartieron estos años con nosotros.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VII
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
A. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO A LOS 18 MESES	2
B. CRECIMIENTO	3
1. Peso al destete	3
2. Crecimiento posdestete	4
C. CRECIMIENTO COMPENSATORIO	5
1. <u>Definición</u>	5
2. <u>Respuesta animal a una restricción</u>	5
a. Compensación total	6
b. Compensación parcial	6
c. No compensación	7
d. Reducción en la tasa de crecimiento y en el tamaño maduro	7
3. <u>Factores que afectan el crecimiento compensatorio</u>	7
a. Edad a la restricción	8
b. Severidad de la restricción	10
c. Duración de la restricción	14
d. Duración del período de recuperación	15
e. Naturaleza de la restricción	15
f. Calidad de la dieta en la realimentación	16
4. <u>Mecanismos del crecimiento compensatorio</u>	17
a. Reducción en los requerimientos para mantenimiento	17
b. Aumento en la eficiencia para crecimiento y engorde	19

c. Reducción de la energía depositada como tejidos.....	20
d. Aumento en el consumo.....	22
e. Aumento en el contenido del tracto digestivo.....	25
D. CARACTERÍSTICAS RACIALES.....	26
1. <u>Introducción</u>	26
2. <u>Tolerancia a altas temperaturas</u>	27
3. <u>Consumo y eficiencia</u>	29
E. PUBERTAD Y FERTILIDAD AL PRIMER SERVICIO.....	36
1. <u>Introducción</u>	36
2. <u>Efecto de la raza</u>	37
a. Heterosis.....	41
3. <u>Efecto del plano nutricional</u>	42
4. <u>Efecto del tipo de dieta</u>	50
5. <u>Efecto de la distribución estacional de la ganancia</u>	51
6. <u>Efecto de la estación del año</u>	54
F. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	58
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	59
A. CARACTERIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	59
B. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN.....	60
1. <u>Características del clima y la pastura</u>	60
2. <u>Descripción general del manejo</u>	61
3. <u>Ensayos que originaron la información</u>	62
C. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	63
1. <u>Comparación entre grupos de observaciones</u>	64
2. <u>Modelos de predicción de preñez</u>	66
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	68
A. RESULTADOS DE PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	68
1. <u>Diferencias entre biotipos</u>	68
2. <u>Incidencia del crecimiento compensatorio</u>	72

B. RESULTADOS DE FERTILIDAD.....	76
1. <u>Evolución de peso de las vaquillonas vacías y preñadas</u>	76
2. <u>Efecto de la distribución estacional de la ganancia</u>	79
C. MODELOS DE PREDICCIÓN DE PREÑEZ.....	90
1. <u>Predicción a partir del peso vivo</u>	91
2. <u>Predicción a partir de la ganancia de peso</u>	98
3. <u>Predicción a partir del peso vivo y la ganancia diaria</u>	101
V. <u>CONCLUSIONES</u>	106
VI. <u>IMPLICANCIAS</u>	108
A. DEFINICIÓN DE UN OBJETIVO DE GANANCIA INVERNAL.....	109
B. EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE GANANCIA INVERNAL.....	110
C. IMPACTO DE UNA ESTRATEGIA DE GANANCIA INVERNAL EN FUNCIÓN DEL PESO INICIAL.....	111
VII. <u>RESUMEN</u>	113
VIII. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	115
IX. <u>ANEXOS</u>	132

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página
1. Antecedentes de edad y peso a la pubertad de vaquillonas <i>Bos taurus</i> y <i>Bos indicus</i>	39
2. Información registrada en la base de datos y denominación de cada variable.....	59
3. Número de vaquillonas y porcentaje de genes Brahman (% B) por biotipo en la base de datos original y grupos formados para el procesamiento de la información.....	60
4. Características generales de los ensayos que generaron la información....	63
5. Promedio, desvío estándar, máximo y mínimo para las variables de peso vivo, ganancia diaria y edad de entore según biotipo.....	68
6. Coeficientes de correlación entre ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE) para el total de las observaciones, y para las observaciones que se encuentran por encima y por debajo del promedio general de GDI, según biotipo.....	73
7. Ecuación de regresión de ganancia diaria estival (GDE) en función de la ganancia diaria invernal (GDI) según biotipo.....	73
8. Promedios de pesos vivos y ganancias diarias de peso para las vaquillonas vacías (V) y preñadas (P) según biotipo.....	76
9. Coeficientes de las ecuaciones de predicción probabilidad de preñez a partir del peso inicial, del peso de primavera y del peso al inicio del entore.....	91
10. Coeficientes de las ecuaciones cuadráticas que estiman probabilidad de preñez a partir del peso inicial, peso de primavera y peso al inicio del entore para el biotipo 2/3 Brahman.....	92
11. Coeficientes de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez a partir de la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.....	98
12. Coeficientes de las ecuaciones de predicción probabilidad de preñez a partir del peso inicial (Pinv) y la ganancia diaria invernal (GDI), y a partir del peso de primavera (Pprim) y la ganancia diaria estival (GDE), según biotipo.....	101

13.	Evaluación teórica mediante el modelo de peso de primavera (Pprim) de distintas estrategias de suplementación invernal en vaquillonas con un peso inicial de 180 kg, según biotipo.....	110
14.	Impacto de suplementar con 0.5 kg/an/día de pellet de algodón según el peso inicial por biotipo.....	112

Figura N°		Página
1.	Esquema del manejo general de las vaquillonas previo al período que generó la información.....	61
2.	Esquema general del manejo de las vaquillonas durante el período que generó la información.....	62
3.	Relación entre la ganancia invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE).....	72
4.	Rectas de regresión que relacionan ganancia diaria estival (GDE) en función de la ganancia diaria invernal (GDI) según biotipo.....	74
5.	Comparación de la evolución de peso de las vaquillonas que resultaron vacías (V) y preñadas (P) al tacto según biotipo.....	77
6.	Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo 2/3 Brahman.....	79
7.	Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo 2/3 Hereford.....	80
8.	Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo Hereford.....	81
9.	Comparación de la evolución de peso y el porcentaje de preñez entre el grupo de vaquillonas de alta ganancia diaria invernal (GDI) y baja ganancia diaria estival (GDE), y el grupo de baja GDI y alta GDE, según biotipo.....	84

10.	Comparación de la evolución de peso y el porcentaje de preñez entre el grupo de vaquillonas de alta ganancia diaria invernal (GDI) y baja ganancia diaria estival (GDE), y el grupo de baja GDI y baja GDE, según biotipo.....	85
11.	Estimación de la probabilidad de preñez (PP) por el modelo de Peso de primavera según biotipo.....	92
12.	Porcentaje de preñez real y estimado por los modelos de predicción a partir del peso vivo según biotipo. Los valores del eje horizontal corresponden al peso promedio de un quintil (número total de observaciones de cada biotipo dividido entre 5).....	94
13.	Peso inicial (Pinv), de primavera (Pprim) y al inicio del entore (Pento), en kilogramos y como porcentaje del peso adulto (%PA), necesarios para obtener el 80% de preñez en cada biotipo según los modelos de predicción de cada variable.....	98
14.	Estimación de la probabilidad de preñez (PP) por los modelos de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.....	99
15.	Porcentaje de preñez real y estimado por los modelos de predicción a partir de la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo. Los valores del eje horizontal corresponden al peso promedio de un quintil (número total de observaciones de cada biotipo dividido entre 5).....	100
16.	Modelos de predicción de la probabilidad de preñez (PP) a partir del modelo que combina la ganancia diaria invernal (GDI) y el peso inicial (Pinv) según biotipo.....	102
17.	Aumento en la probabilidad de preñez (PP) por aumentar 100 g/día la ganancia diaria invernal (GDI) en diferentes rangos según el peso inicial por biotipo.....	104
18.	Modelo de predicción de la probabilidad de preñez (PP) a partir del modelo que combina el peso de primavera (Pprim) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.....	105
19.	Ganancia invernal (kg/día) necesaria para alcanzar un peso de primavera que permita obtener un 85% de preñez según peso inicial por biotipo.....	109
20.	Cálculo teórico con el modelo de peso de primavera (Pprim) del aumento en el porcentaje de preñez sobre el testigo por suplementar con 0.5 kg/an/día de expeller de algodón según el peso inicial (Pinv) por biotipo....	112

I. INTRODUCCIÓN

Son conocidas las ventajas del entore anticipado de 18 meses sobre la performance reproductiva de las vaquillonas en su segundo servicio (Sampedro *et al.*, 2000), con el impacto que esto ocasiona sobre todo el sistema. Por lo tanto, esta técnica ha sido plenamente adoptada en los sistemas de producción del centro-sur de Corrientes (RA).

Existe abundante información sobre técnicas de manejo de vaquillonas de reposición durante el primer invierno posdestete (diferimiento de campo natural, suplementación, etc.) con el objetivo de tomar servicio anticipado a fines de verano – principios de otoño (Sampedro *et al.*, 2000). Sin embargo, el crecimiento compensatorio en ocasiones provoca que vaquillonas que no recibieron un tratamiento especial durante el invierno, logren el mismo peso al inicio del servicio que aquellas que sí lo recibieron, lo que ha provocado controversias en cuanto al impacto real de la aplicación de dichas técnicas. De esto surge la necesidad de conocer cuales son los determinantes de la performance reproductiva de las vaquillonas entoradas a los 18 meses de edad.

En adición, en los rodeos de cría de esta región coexisten distintos biotipos, que se diferencian en el predominio de la raza Brahman o Hereford. Esto origina la necesidad de identificar los factores que afectan la fertilidad en los distintos biotipos, para generar medidas de manejo específicas para cada uno de ellos.

Los objetivos de este trabajo son:

- a) Identificar las variables relacionadas a la evolución del peso vivo que determinan la fertilidad en el servicio de 18 meses en vaquillonas Hereford y cruza Brahman x Hereford.
- b) A partir de estas variables, formular modelos simples que permitan predecir la fertilidad a los 18 meses en cada biotipo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se desarrollan algunos temas relacionados con la performance reproductiva de las vaquillonas al primer servicio, fundamentalmente cuando se realiza en forma anticipada. También se abordan las características raciales y de crecimiento más importantes que pueden contribuir a explicar las diferencias que existen entre biotipos.

A. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO A LOS 18 MESES

Hasta 1991, en la Unidad de Cría de la EEA INTA Mercedes, se realizaba el primer servicio a partir del 15 de julio, cuando las vaquillonas tenían 24 meses de edad. Con esta técnica, las vaquillonas que parían en abril – mayo y destetaban su primer ternero en octubre, llegaban secas al segundo servicio, lo que les permitía obtener índices de preñez del 88% (Sampedro, 2001). Sin embargo, el problema radicaba en que solamente el 59% de las vaquillonas lograban preñarse en su primer servicio, lo que obligaba a volver a entorar en la primavera a las vaquillonas falladas de este servicio de invierno. El resultado de esto era una doble época de parición, con la muy buena performance en el segundo servicio en las vaquillonas del servicio de invierno, mientras que las del servicio de primavera no superaban el 40% de preñez con su primer ternero al pié. Esto hacía que el porcentaje de preñez general en las vacas primíparas sea del 68% (Sampedro, 2001).

El motivo de la baja performance reproductiva en el primer servicio de invierno era que las vaquillonas con alta proporción de genes Brahman se veían muy afectadas por el fotoperíodo, interrumpiendo sus ciclos estrales (Sampedro, 1993). En el capítulo del efecto de la estación en el comportamiento reproductivo se presenta más información al respecto.

El servicio a los 18 meses, por lo tanto, comenzó a implementarse en 1991 como alternativa para superar estas limitantes. Consiste en adelantar el primer servicio, desde el tradicional entore de primavera a los 26 meses, a un servicio de febrero – marzo, con 18 meses de edad. Con este manejo las pariciones ocurren en noviembre – diciembre, y los terneros se destetan en mayo. Por lo tanto, la vaquillonas llega seca al segundo servicio en la primavera siguiente, junto con el rodeo general, con la consiguiente mejora en el índice de preñez en el segundo servicio (97%) en relación a la muy pobre performance reportada en las vaquillonas de 3 años con su primer ternero al pié (40%) (Sampedro *et al.*, 2000). Sin embargo, esta tecnología requiere disponer de recursos alimenticios adecuados para que las vaquillonas no pierdan peso durante el primer invierno posdestete y lleguen al servicio con un peso adecuado para una buena performance reproductiva.

B. CRECIMIENTO

1. Peso al destete

El crecimiento predestete, y por lo tanto el peso al destete, a sido modificado con la inclusión de la raza Brahman en cruzamiento con razas británicas en zonas subtropicales y tropicales (Plasse, 1968; Icaza, 1978). En tal sentido, Ordeix y Vivo (1983) señalan la ventaja en el peso al destete de los terneros hijos de vacas cruza Brahman x Hereford en Tacuarembó. Por su parte, Arias *et al.* (1986) compararon el peso al destete de terneras originadas de un sistema de cruzamiento tipo criss-cross en Corrientes (RA), y reportaron los mayores pesos al destete corregido en las vaquillonas Brahman, ordenándose luego en forma decreciente según proporciones de sangre indica en 2/3 Brahman, 2/3 Hereford y Hereford. Sin embargo, cuando expresaron estos pesos en función del peso adulto, las diferencias entre las terneras Brahman y sus cruza desaparecían. Estas diferencias tienen un componente de heterosis, como fuera analizado por McDonald y Turner (1972) y por Koger *et al.* (1975), quienes concluyeron que el efecto de vigor híbrido en el peso al destete es

positivo para todas las cruzas, pero es máximo en las cruzas *Bos taurus* x *Bos indicus*, frente a cruzamiento de razas *Bos Taurus*. También existe un componente de complementación en la adaptación al medio, ya que Franke y Crocket (1974) encontraron que, en condiciones de alta humedad y temperatura, los terneros de razas británicas eran fuertemente afectados, mientras que los terneros Brahman o cruza no eran afectados en su crecimiento.

2. Crecimiento posdestete

Preston y Willis (1970) indican que el peso al destete afectaría en forma positiva la ganancia posdestete. Sin embargo, Neville *et al.* (1962) citado por Carriquiry (1981) y Lorenti (1980) reportaron coeficientes de correlación negativa aunque pequeños entre el peso al destete y la ganancia de posdestete. De forma similar, Pierce *et al.* (1954) y Salin *et al.* (1961) citados por Carriquiry (1981) señalan que la velocidad de crecimiento antes del destete afecta en forma negativa las ganancias de peso posteriores. Esto coincide con Young *et al.* (1978), quienes atribuyeron el mayor porcentaje de crecimiento posdestete de los novillos Hereford en comparación con el resto de las razas estudiadas a que fueron 37 kg más livianos al destete. Nelson y Kress (1979), trabajando con las razas Hereford y Angus, reportan que podrían existir variaciones entre sexos en relación a esto, ya que encontraron un coeficiente de correlación fenotípica entre peso al destete y la ganancia posdestete de 0.18 para los machos, mientras que en las hembras el valor fue de - 0.18.

El mes de nacimiento ha sido reportada por diversos autores como otra variable importante que influye en la tasa de crecimiento posdestete en ganado *Bos indicus* (Borgognon y Genes, Plasse y Verde, Valasco *et al.*, Beltran *et al.*, Monteiro *et al.*, Mariante *et al.*, citados por Plasse, 1979; Alencan *et al.*, 1981; Ferreira, 1981). Nelson y Cartwright (1968), Swiger *et al.* (1963), Lorenti (1980) y Shelby *et al.* (citado por Carriquiry, 1981) coinciden en que la velocidad de crecimiento luego del destete, así como los pesos a distintas edades están asociados en forma positiva.

De todas formas, el peso al destete puede ser utilizado como un indicador del crecimiento futuro del animal. Brunby *et al.* (citado por Carriquiry, 1981), en una prueba de comportamiento realizada en condiciones de pastoreo, estimaron un coeficiente de correlación fenotípica de 0.68 entre los pesos al destete y los 21 meses de edad. En tal sentido, Nelson y Cartwright (citado por Preston y Willis, 1970) afirman que la selección directa por peso a una edad, producirá un aumento en el peso a cualquier edad. El peso al destete también está relacionado con otros parámetros de crecimiento. Rovira (1965) sugiere que hay una correlación alta y positiva entre ganancia diaria de peso y eficiencia en la conversión del alimento, y que el peso al año y medio es una buena medida de los aumentos de peso posteriores al destete y la eficiencia de los mismos. Koch *et al.* (1963) estimaron una correlación genética de 0.79 entre velocidad de crecimiento y eficiencia de utilización de los alimentos.

C. CRECIMIENTO COMPENSATORIO

1. Definición de crecimiento compensatorio

Ryan (1990) define crecimiento compensatorio como el crecimiento por encima de las tasas normales que se observa en ciertas ocasiones luego de un período de restricción nutricional tal que los animales ganen muy poco, mantengan o pierdan peso, y que esa restricción se mantenga por un período de tiempo suficiente que permita a los animales adaptarse al pobre estado nutritivo.

2. Respuesta animal a una restricción

Según Ryan (1990), el crecimiento compensatorio no es una consecuencia inevitable de una restricción y menciona que existen cuatro tipos de respuesta ante una restricción.

a. Compensación total

Ocurre cuando, a continuación de una restricción, los animales aumentan su tasa de ganancia de peso y la mantienen por un período de tiempo suficiente como para alcanzar el mismo peso a la misma edad que los animales que no han sido restringidos (Ryan, 1990). Existen muy pocos casos en la bibliografía en que se haya encontrado compensación completa en bovinos. Gleeson (1972; citado por Moran y Holnes, 1978), y Ryan (1993) obtuvieron una compensación total, al igual que Bohman (citado por Marquisa y Urrutia, 2000) trabajando con terneros de sobreaño.

Lange (1980) expresa que podría alcanzarse la compensación total en vaquillonas para cría siempre que la restricción no haya sido excesivamente severa y que se alimente adecuadamente en la recuperación, y Verde (1973) estableció que se necesita entre 10 y 19% más de tiempo para que los animales restringidos alcancen el mismo peso que los testigo, es decir que la capacidad de crecer y alcanzar el peso de faena no se ve afectada.

b. Compensación parcial

Ocurre cuando los animales que fueron restringidos aumentan su tasa de crecimiento durante la realimentación, pero no logran alcanzar el mismo peso a la misma edad que los animales que no fueron restringidos. Ryan (1990) en su extensa revisión, cita algunos ejemplos en los que los ensayos finalizaron cuando todavía la tasa de crecimiento de los animales restringidos era mayor que la de los no restringidos, es decir que existía el potencial para una compensación completa (Drennan, 1979; Fox *et al.*, 1982). El mismo autor cita otros trabajos en donde los animales restringidos aumentan su tasa de crecimiento durante un tiempo en la realimentación, pero luego las tasas se igualan y las curvas de crecimiento se vuelven paralelas con la de los testigos, es decir donde ya no existe potencial para una compensación total (Wanyoike y Holmes, 1981; Horton y Holmes, 1978; Everitt y Jurry, 1977; Verde *et al.* 1974b; Hironaka y Kozub, 1973).

O'Donovan (1984) identificó a la ganancia diaria durante el período de compensación como uno de los principales factores que inciden en el grado de compensación. Nicol y Kitessa (1995) analizaron un gran número de ensayos sobre crecimiento compensatorio y llegaron a que cada 100 g de diferencia en la ganancia diaria entre los restringidos y los testigos durante el período de compensación, el peso vivo recuperado por los animales restringidos aumentaba en 10 kg.

c. No compensación

Ryan (1990) cita casos en que los animales restringidos tienen las mismas tasas de ganancia de peso durante la realimentación que los que nunca fueron restringidos (Tudor y O'Rourke, 1980; Morgan, 1972; Foot y Tulloh, 1977 y Levi *et al.*, 1971).

d. Reducción en la tasa de crecimiento y en el tamaño maduro

Si bien Ryan (1990), en su revisión del tema cita un ejemplo de este tipo de respuesta en ganado de carne (Taylor *et al.*, 1981), también sostiene que el nivel y la duración de la restricción que se necesitan para que se vea limitado el tamaño maduro del animal es mucho mayor al que normalmente ocurre asociado a las variaciones estacionales en la calidad y cantidad de la dieta en los sistemas pastoriles. Si los animales no aumentan su tasa de crecimiento en la restricción, pueden dejar de crecer al mismo tiempo que lo hacen sus contemporáneos y volverse "aporreados", o pueden continuar su crecimiento por más tiempo que sus contemporáneos hasta alcanzar el mismo tamaño final (Ryan, 1990).

3. Factores que afectan el crecimiento compensatorio

Existe cierta variabilidad en las respuestas en crecimiento compensatorio ante una restricción, lo que sugiere que muchos factores son los que intervienen. Los más

importantes parecen ser la edad a la que se impone la restricción, la severidad y la duración de la restricción (Ryan, 1990).

a. Edad a la restricción

Los animales que son restringidos temprano luego del nacimiento es probable que no logren compensar y que queden “aporreados” de por vida, y también existe evidencia de cuando las restricciones son cerca de la madurez los animales no logran compensar (Ryan, 1990). Everitt y Jurry (1977, citado por Ryan, 1990) restringieron terneros por 4, 8 y 16 semanas luego del nacimiento y encontraron que los terneros restringidos no compensaron y que las diferencias en peso originadas por los tratamientos se mantuvieron o aumentaron a los 400 días cuando terminó el ensayo. En este ensayo los terneros pastorearon juntos desde las 16 semanas y su ganancia promedio de peso fue de 0.5 kg/día. Una respuesta similar fue obtenida por Tudor y O'Rourke (1980), quienes encontraron que, si bien los terneros mantenidos cerca de su peso de nacimiento por 200 días no mostraron crecimiento compensatorio comparado con sus contemporáneos alimentados *ad libitum* desde el nacimiento, la restricción no comprometió su capacidad de crecer en relación a los no restringidos (0.87 Vs. 0.9 kg/día). Stuedemann *et al.* (1968; citado por Ryan, 1990) crió terneros a cinco niveles nutritivos distintos entre el nacimiento y el destete que originaron ganancias entre 0.67 y 0.92 kg/día. A todos los terneros se les ofreció una dieta concentrada *ad libitum* en feedlot hasta que alcanzaron un peso constante de faena. El nivel de nutrición hasta el destete no tuvo efecto en la performance de los terneros, que crecieron a una tasa cercana a 1 kg/día en la realimentación.

Morgan (1972) restringió terneros desde el nacimiento hasta las 16 semanas, y de las 16 a las 32 semanas de vida. Los terneros restringidos inmediatamente después de nacer no compensaron y crecieron a la misma tasa que los no restringidos durante la realimentación, mientras que aquellos que fueron restringidos entre las 16 y las 32 semanas si mostraron crecimiento compensatorio.

Según Ryan (1990), el período crítico en que una restricción no resulta en crecimiento compensatorio parece estar restringido a inmediatamente después del nacimiento. Aún así existen algunos ejemplos de compensación parcial en animales restringidos al nacer, como es el caso de Dijkstra y Bergstorm (1979; citado por Ryan, 1990) quienes observaron algún grado de compensación en animales restringidos desde el nacimiento hasta los 9 meses. A los 9 meses de edad la diferencia en peso entre los animales control y los que habían sido alimentados con el nivel medio y bajo era de 89 y 200 kg, respectivamente. A los tres años de edad, es decir luego de un período de recuperación de dos años y tres meses, la diferencia se vio reducida a 29 y 68 kg. Por lo tanto, a pesar del largo período de recuperación, los animales restringidos no fueron capaces de lograr una compensación total del peso perdido en la restricción en relación a los testigos.

Abdalla *et al.* (1988) trabajó con terneros de aproximadamente 3 meses y llegó a la conclusión que su crecimiento puede afectarse negativamente en forma permanente, sobre todo si la restricción continua por más de 4 o 5 meses. Bohman (1955; citado por Marquisa y Urrutia, 2000) encontró mayor respuesta compensatoria al restringir terneros de sobreaño que en el caso de terneros de destete.

Berge (1991), para demostrar el efecto de la edad a la cual se realiza la restricción sobre la posterior recuperación trabajó con resultados de diferentes grupos de investigadores, agrupándolos de la siguiente manera: aquellos que restringieron terneros con menos de 7 meses de edad y por otro los que lo hicieron con animales de 10 a 12 meses. El autor concluye que restringidos a más temprana edad necesitan 14 a 18 meses para compensar el 70 a 80% del crecimiento retardado, mientras que los animales del segundo grupo necesitaron solo 4 a 7 meses para lograra el mismo grado de compensación. Sin embargo, Nicol y Kitessa (1995), en un procesamiento de los datos de 207 ensayos de crecimiento compensatorio, encontraron que la edad no fue una fuente de variación significativa en el peso vivo recuperado, ni en el no recuperado por los animales luego de la re-alimentación. Los autores señalan que esto se debió

probablemente a la poca variación que había en la edad de los animales entre ensayos.

Verde *et al.* (1974a), concluyo con respecto a la edad que efectos de una penuria nutricional son tanto más severos cuanto más joven es el animal; por esta razón el autor no recomienda someter a los animales a una restricción hasta el período post-destete (8 y 10 meses de edad).

b. Severidad de la restricción

La respuesta compensatoria de los animales restringidos una vez comenzada la realimentación está en función tanto del grado en que su tasa de crecimiento aumenta por encima de los no restringidos, como del tiempo en que persiste esa mayor tasa de crecimiento. Al aumentar la severidad de la restricción es probable que aumente el largo del período compensatorio, más que la tasa de crecimiento durante la compensación (Ryan, 1990).

Según Ryan (1990), en la comparación de diferentes niveles de restricción nutricional está confundido el efecto del peso vivo y la edad inicial, y distingue dos casos:

- a) Si los grupos de animales a comparar parten del mismo peso inicial van a tener, por definición, distinto peso al finalizar la restricción.
- b) Si los grupos a comparar tienen el mismo peso al finalizar la restricción, deben haber tenido diferentes pesos y diferentes estados de desarrollo cuando fueron sometidos a la restricción.

A pesar de estos factores confundidos, Ryan (1990) concluye de su extensa revisión que al aumentar la severidad de la restricción, aumenta la duración de la compensación más que la tasa con que los animales compensan. Scales y Lewis (1971. citado por Ryan, 1990) ofrecieron heno de alfalfa a novillos durante el invierno a tres niveles: *ad libitum*, mantenimiento (-0.08 kg/día) y sub-mantenimiento (-0.23

kg/día). Durante el período de pastoreo estival los animales que estuvieron en mantenimiento mostraron crecimiento compensatorio durante solamente 82 días, mientras que el grupo que estuvo en sub-mantenimiento compensó durante 180 días antes de que su curva de crecimiento se vuelva paralela a la de los otros tratamientos. En otro trabajo, Hironaka y Kozub (1973) restringieron novillos a un nivel moderado y uno bajo, y compararon su performance con la de novillos no restringidos. No existió diferencia en la tasa de crecimiento entre los grupos restringidos durante las primeras 12 semanas de realimentación, y ambos crecieron a mayor tasa que el testigo. Durante las segundas 12 semanas, aunque las diferencias no fueron significativas, existió una tendencia a una mayor tasa de crecimiento en el grupo bajo (testigo 1.07, moderado 1.05 y bajo 1.24 kg/día), lo que sugiere que el crecimiento compensatorio continuó por más tiempo.

Según Ryan (1990), se debe ser cuidadoso en comparar los resultados de los ensayos de crecimiento compensatorio debido a que los diferentes niveles de restricción dan como resultado animales con diferente peso al momento en que empieza la re-alimentación. Lawrence y Pearce (1971; citado por Ryan, 1990) invernaron terneros a tres niveles de alimentación: alto (0.73 kg/d), medio (0.34 kg/d) y bajo (0.01 kg/d). Durante las 20 semanas del período estival, las ganancias fueron de 0.57, 0.98 y 1.20 kg/d, respectivamente. Los autores concluyen que los animales restringidos más severamente mostraron mayores tasas de crecimiento durante la compensación, pero si las ganancias se analizan en el mismo rango de peso vivo (318-400 kg) no existen diferencias en la tasa de crecimiento entre los tratamientos medio y bajo, es decir que el tiempo que le llevó a los animales pasar de 318 a 400 kg fue el mismo en ambos casos. Basándose en esta información, Ryan (1990) concluye que los dos tratamientos restringidos tuvieron la misma tasa de ganancia durante el crecimiento compensatorio, y que ambos ganaron más que el testigo.

Los animales restringidos para ganar 0.5 kg/d por Wanyoike y Holmes (1981) exhibieron crecimiento compensatorio por las 12 semanas que siguieron a la re-alimentación. De forma similar, Horton y Holmes (1978) encontraron que el ganado que

ganó 0.22 kg/d durante el invierno compensó durante 8 semanas. Glesson (1972) también encontró que los animales de uno de sus experimentos mostraron crecimiento compensatorio por 12 semanas. En ninguno de estos tres casos se muestra información parcial del período de compensación, pero Ryan (1990) analizando esta misma información concluye que es muy probable que el crecimiento compensatorio haya persistido por un tiempo menor al reportado por los autores. El mismo Ryan (1993) encontró que novillos restringidos para perder el 16.4% de su peso vivo en 90 días lograron compensar totalmente en las 47 semanas de la re-alimentación y al terminar el experimento continuaban teniendo mayores tasas de crecimiento que los testigo.

Ryan (1990) concluye que el grado y la duración de la compensación están claramente relacionados a la severidad de la restricción, y que la naturaleza exacta de esta relación no está clara. El mismo autor remarca que los animales más severamente restringidos no van a crecer a mayor tasa durante la compensación que los restringidos menos severamente, pero si van a compensar por más tiempo. Según el autor hay muchas formas posibles en que se puede dar esta relación. La más simple según Ryan (1990) es que la duración de la compensación es directamente proporcional a la severidad de la restricción. Este tipo de relación no coincide con lo encontrado por Wanyoike y Holmes (1981), Horton y Holmes (1978) y Glesson (1972). Todos ellos encontraron que el crecimiento compensatorio persistió por 8 a 12 semanas sin importar que la severidad de la restricción varió entre 0.5 y 0.07 kg/d. Una segunda posibilidad que plantea Ryan (1990) es una relación más compleja de dos etapas. Cuando la restricción es "suave" y los animales continúan ganando peso, el crecimiento compensatorio persiste por 8 a 10 semanas, independientemente de que tan "suave" sea la restricción. Si la restricción es más severa, de manera que resulta en mantenimiento o pérdida de peso, se desencadena una respuesta compensatoria más prolongada que puede durar hasta un año (Ryan, 1993). Una vez que esta respuesta compensatoria se desencadena, la duración es probablemente proporcional a la severidad de la restricción. Según el mismo autor esta segunda respuesta es más factible que suceda en la realidad.

Meyer y Clawson (citado por Verde *et al.*, 1974) afirman que cuando la restricción lleva a los animales a niveles por debajo de mantenimiento, estos tienen dificultades en compensar a medida que la restricción se hace mayor, o sea que el crecimiento compensatorio dependerá si la restricción ha transcurrido en mantenimiento por encima o debajo de éste. Es así que Elliot, Winchester y Ellis, y Brookes y Hodges (citados por Verde *et al.*, 1974b) establecen que a fin de obtener crecimiento compensatorio máximo la ganancia invernal no debe exceder 250 g/día. Reafirmando lo antes dicho y luego de varios años de investigación en el tema en la Argentina (INTA Balcarce), Verde *et al.* (1974a) observaron que, si bien se ha detectado crecimiento compensatorio tanto en animales en mantenimiento como en animales con pérdidas de hasta 200 g/día, se considera que el nivel de restricción más recomendable oscila entre 100 y 200 g/día, ya que en este rango existe una correlación negativa entre la ganancia de peso durante la restricción y la ganancia durante la realimentación. En el otro extremo, Verde *et al.* (1974a) concluyen que cuando la ganancia invernal es superior a los 400 g/día no se observa crecimiento compensatorio.

Nicol y Kitessa (1995) analizaron la información de 207 ensayos sobre crecimiento compensatorio intentando cuantificar las relaciones entre las distintas variables que lo explican, y encontraron que la severidad de la restricción explica gran parte de la variación en el peso no recuperado luego de la re-alimentación, siempre y cuando la proporción del peso que se logra recuperar sea baja, como en los datos que ellos analizaron (37%). La relación cuantitativa encontrada por los autores fue que cada 1 kg que aumenta la severidad de la restricción, 0.6 kg permanecen sin recuperarse a finalizar la re-alimentación. Los autores también encontraron que cuanto mayor era la diferencia de ganancia de peso entre los animales restringidos y los no restringidos durante el período de restricción, mayor era la diferencia en la ganancia diaria durante el período de re-alimentación. En otras palabras, por cada 100 g/día de diferencia en la ganancia durante la restricción, la diferencia en la re-alimentación aumentaba 60 g/día. La conclusión de Nicol y Kitessa (1995) es que, a una misma severidad (kg de diferencia entre restringidos y testigos al final de la restricción), la

recuperación de peso es mayor cuando la restricción es corta y aguda que cuando es larga y suave.

c. Duración de la restricción

Aumentar la duración de la restricción, sin modificar la severidad, es probable que resulte en mayores tasas de ganancia una vez que los animales comienzan la re-alimentación (Ryan, 1990). Ledger (1973, citado por Ryan, 1990) encontró que los novillos que habían sido mantenidos en el mismo peso durante 12 semanas crecieron a 0.81 kg/d durante la re-alimentación, mientras que los que mantuvieron peso por 24 semanas crecieron a una tasa de 1.16 kg/d. De forma similar, los novillos que fueron forzados a perder un 14% de su peso vivo durante 12 y 24 semanas, ganaron 0.90 y 1.12 kg/d durante la re-alimentación, respectivamente. Flores *et al.* (1974) observaron que con períodos de restricción de 126 días existieron mayores velocidades de crecimiento y por más tiempo que cuando la restricción fue de 70 días. Los autores concluyen que con restricciones cortas la respuesta compensatoria de los animales es menor.

Sin embargo, Nicol y Kitessa (1995) encontraron que la duración de la restricción no era una variable importante en explicar la variación en el peso vivo recuperado o no recuperado por los animales restringidos. Aún así, considerado los posibles períodos de penuria normales en situaciones de pastoreo, así como la disponibilidad de forraje, los autores sugieren que la restricción no debería superar los 100 a 120 días de duración, ya que en este rango puede esperarse una ganancia entre un 15 y 20% superior a la de los animales que han ganado peso en forma continua. Hogan (citado por Universidad de la República, 1997) alimentó terneros con el fin de obtener distintas combinaciones de ganancias de peso durante la restricción (0.450, 0.225 y 0.150 kg/día) con distintas duraciones de la restricción (38, 51 y 78 días). Se encontró que a igual severidad de la restricción aquellos animales restringidos por el período más corto mostraron las mayores ganancias. Durante la re-alimentación Asimismo, cuando se compararon animales restringidos por el mismo

período de tiempo, aquellos más severamente restringidos fueron los que presentaron mayores ganancias en la realimentación.

d. Duración del período de recuperación

Nicol y Kitessa (1995) encontraron en su extensa revisión que la duración promedio del período de re-alimentación en los ensayos de crecimiento compensatorio es de solamente 148 días y apenas el 18% supera los 250 días, lo que sugiere que en muchos casos no se dio la oportunidad de que el crecimiento compensatorio se manifieste totalmente. Los autores encontraron que el peso vivo que no se logra recuperar luego de una restricción decrece 0.15 kg por cada día que aumenta el largo del período de recuperación. Este valor surge de que existe una relación exponencial negativa entre la diferencia en ganancia diaria entre los animales restringidos y los testigos durante el período de recuperación y la duración del período de recuperación. En otras palabras, cuando la duración del período de recuperación fue de 50 días o menor, los animales restringidos ganaron 300 g/día más que los testigos; en cambio cuando la duración de la recuperación fue de 250 días o mayor, la diferencia a favor de los restringidos previamente se redujo a algo más de 100 g/día.

Fattet *et al.* (1985) concuerdan con los resultados de los anteriores autores y sostienen que el fenómeno de crecimiento compensatorio no se extiende más allá de los 120-140 días (aproximadamente 4 meses). Verde *et al.* (1974a) encontró resultados similares, y que las ganancias posteriores son las normales de la categoría de animal que se trate. En cambio Lange (1980) establece un período más dilatado, situando su duración ente 5 y 6 meses.

e. Naturaleza de la restricción

Evaluando la naturaleza de la restricción como otro factor que incide en la severidad, Drouillard, *et al.* (1991) trabajaron combinando restricciones energética y proteicas y obtuvieron que el crecimiento compensatorio fue influenciado en mayor

proporción por la restricción energética. También Winchester *et al.* y Bohman (citados por Verde *et al.*, 1974b) concuerdan con la mayor importancia de una restricción energética. Sin embargo, Bohman y Torrell (citado por Verde *et al.*, 1974b) sugieren que una penuria proteica puede ser más perjudicial que una penuria energética.

En una revisión sobre las posibles deficiencias nutricionales de los mamíferos en condiciones de pastoreo, Hoffman y Duncan (citado por Universidad de la República, 1997) concluyen que la deficiencia de energía es de vital importancia, y que las deficiencias de proteína, minerales y vitaminas están en un plano secundario. Sin embargo los trabajos de Mc Carrick *et al.*, Winchester y Howe, y Winchester *et al.* (citados por Verde *et al.*, 1974), en los cuales se sometió a restricciones energéticas a novillos de diversas edades y por períodos que iban de 4 a 6 meses, han demostrado que el poder de recuperación no es afectado por una restricción energética que obligue al mantenimiento de peso, e incluso a leves pérdidas de peso.

f. Calidad de la dieta en la re-alimentación

Nicol y Kitessa (1995) resaltan la importancia del período de re-alimentación para el éxito del crecimiento compensatorio, y concluyen en su revisión que los investigadores han sido muy eficaces en restringir a los animales, pero no tanto en proveer a los animales de buenas condiciones para la re-alimentación, lo que se refleja en la ganancia diaria promedio de los animales no restringidos durante la re-alimentación de los 207 ensayos que analizaron, que fue de 0.78 kg/día.

Hironaka y Kosub (1973) encontraron que los animales previamente restringidos compensaron a mayores tasas de ganancia cuando fueron realimentados *ad libitum*. De forma similar, Verde *et al.* (1974), trabajando con animales en pastoreo, indicaron que el nivel de la realimentación es sumamente importante, y que es necesaria una alta disponibilidad de forraje de alta calidad a fin de maximizar la respuesta compensatoria. Los autores sugieren que la digestibilidad de la materia seca no debería ser inferior a 70-75%, lo que equivale a 2.8 Mcal EM/kg MS en términos

energéticos. Bohman y Heinemann *et al.* (citados por Verde *et al.*, 1974) demostraron que cuanto más alto es el plano de nutrición en la realimentación, tanto mayor y más rápida será la recuperación de peso. Es así que para que la intensidad del crecimiento compensatorio sea máxima el suministro de alimentos deberá ser absolutamente ilimitado. Pero no solamente la cantidad de alimento es importante sino también la calidad del mismo. El efecto de la digestibilidad, por ejemplo puede ser muy importante en animales que realizan su período de realimentación en pasturas donde la marcada estacionalidad de su crecimiento ocasiona una declinación hacia el fin de la primavera o principios de verano (Verde *et al.*, 1974).

4. Mecanismos del crecimiento compensatorio

Según Ryan (1990), el crecimiento compensatorio solo es posible si aumenta la cantidad de energía disponible para el animal o si hay un cambio en la forma en que se particiona la energía en el animal. El autor cita como ejemplos de formas en que puede darse el crecimiento compensatorio a una disminución en la cantidad de energía requerida para mantenimiento, la energía proveniente de la dieta puede almacenarse como tejido más eficientemente, mayor cantidad de energía puede ser almacenada como músculo y menos como grasa, o el animal puede simplemente aumentar su consumo.

a. Reducción en los requerimientos para mantenimiento

Benedict y Rizman, Hogan, y Harte (citados por Universidad de la República, 1997) han sugerido que, a un mismo peso vivo, los requerimientos para mantenimiento son menores en animales que han sido sometidos a un período de penuria nutricional. Una reducción en la energía necesaria para mantenimiento significa que más energía va a estar disponible para producción a partir de un consumo dado (Ryan, 1990).

Si el consumo de alimentos de un animal es tan bajo como para provocar mantenimiento o pérdida de peso, entonces su requerimiento de energía para

mantenimiento disminuye (Ryan, 1990). El requerimiento de energía para mantenimiento de animales en este estado fue estimado por Taylor (1985) en alrededor de $300 \text{ kJ/kg}^{0.75}$, en relación a los $420\text{-}450 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ que necesita un animal en crecimiento (ARC, 1980). Fattet *et al.* (1985) concluyeron que es posible alimentar a los animales cubriendo solo el 50% del requerimiento energético de mantenimiento durante varios meses con dietas concentradas sin que ello perjudique severamente a los animales. Estos valores tan bajos indican que los animales subnutridos pueden reducir sus requerimientos de energía para mantenimiento a un nivel tal que iguala la energía necesaria para el metabolismo basal, proveyendo al animal de un mecanismo de sobrevivencia en tiempos de déficit nutricional (Ryan, 1990).

Cuando la restricción cesa, los requerimientos para mantenimiento disminuidos hacen que más energía este disponible para propósitos productivos. La cantidad de esta energía extra para producción que queda disponible para el animal depende del tiempo que le tome al animal adaptarse al nuevo estatus nutricional, pero cuanto más sea el tiempo que permanezca bajo el requerimiento para mantenimiento, mayor va a ser su contribución al crecimiento compensatorio (Ryan, 1990).

Las opiniones son variadas acerca del tiempo que tardan los animales en adaptarse a un cambio en el consumo de alimentos. Ledger y Sayers (1977) encontraron que la cantidad de alimento necesaria para que novillos mantengan peso disminuía durante 24 semanas. Los autores postularon que a los animales les tomaría un período similar en adaptarse a un aumento en el consumo y sugieren que podría esperarse que la eficiencia anormalmente alta en el uso de la energía disminuya progresivamente hasta las 15 semanas después de la re-alimentación. Turner y Taylor (1983) también sugieren que el tiempo de adaptación de los animales a una nueva dieta es mayor al que normalmente se asume de 2 a 4 semanas, y proponen una ecuación exponencial negativa que describe la proporción de la adaptación total que logran los animales en determinado tiempo. Las observaciones de Ryan (1989, 1993) de que altas tasas de crecimiento compensatorio se dieron durante los primeros 90 días sin un aumento en el consumo también indican que el período de adaptación toma

al menos 90 días, y mientras tanto lo que explica el crecimiento compensatorio es la mayor eficiencia en el uso del alimento.

Sin embargo, otros autores encontraron que es necesario un período de adaptación más corto a los cambios en el consumo de alimentos. Thomson *et al.* (1980) muestra que los requerimientos de mantenimiento alcanzaron el mismo nivel que antes de la restricción en los primeros 14 días. De forma similar, Graham y Searle (1975) encontraron que la producción de calor de los animales restringidos retornó a los niveles previos a la restricción dentro del primer mes de re-alimentación, y sugirieron que la energía de mantenimiento probablemente fue menor solo durante la primera semana. Amstrong y Blaxter (1984; citado por Ryan, 1990) concluyeron que no existe fase lag en el cambio de la producción de calor asociado con un cambio en el nivel de consumo y que el 98% de la respuesta se completaba en los primeros 9 días.

Según Ryan (1990) es difícil llegar a una conclusión en cuanto al tiempo que les toma a los animales adaptarse a un cambio en el nivel de consumo, pero que seguramente la respuesta está influenciada por la severidad y la duración de la respuesta que se les impuso a los animales antes de la re-alimentación. El mismo autor señala que cuando la restricción resulta en una reducción del tamaño y la actividad del tracto digestivo y el hígado, el tiempo requerido para la adaptación es probablemente mayor que cuando no se da tal reducción. Si los animales compensantes se adaptan rápidamente, la contribución del bajo requerimiento de mantenimiento al crecimiento compensatorio estaría restringida a las primeras 2 semanas siguientes a la re-alimentación. Sin embargo, existe la posibilidad que la adaptación sea mucho más lenta y que la contribución de los bajos requerimientos de mantenimiento se mantenga por cerca de 110 días.

b. Aumento en la eficiencia para crecimiento y engorde

Según Ryan (1990), el crecimiento compensatorio puede generarse por un incremento en la eficiencia con que la energía es depositada. El mismo autor en su

revisión sobre el tema, concluye que la energía puede ser usada más eficientemente durante las primeras etapas de la re-alimentación, pero la evidencia disponible no es contundente. La persistencia de cualquier aumento en la eficiencia es incierta y las conclusiones de su contribución cuantitativa al crecimiento compensatorio continúan siendo especulativas. Ryan (1990) sugiere que un aumento en la eficiencia requiere de la existencia de un mecanismo de ahorro de energía. Un posible mecanismo según el autor, es el cambio en la síntesis y degradación de la proteína. Cuando los animales son re-alimentados después de una restricción aumenta tanto la síntesis como la degradación de las proteínas. Si la tasa de síntesis aumenta más rápido que la de degradación, entonces existe una reducción en el costo energético de la deposición de proteína y por lo tanto un aumento en la eficiencia. Los datos de Thomson (1979) y de Hovell *et al.* (1987), citados por Ryan (1990), sustentan esta conclusión.

Fox *et al.* (1972) afirman que mientras un aumento en el consumo puede contribuir al crecimiento compensatorio, como se vera más adelante, un aumento en la eficiencia de la utilización de la energía y de la proteína, el mismo autor indica que novillos sometidos a crecimiento compensatorio presentaban valores de energía neta más altos para las distintas raciones, lo que indicaría que los valores de energía neta pueden depender del tratamiento nutricional previo. En el trabajo realizado por Abdalla *et al.* (1988) la eficiencia de conversión del alimento siempre fue mayor para los grupos compensantes durante el período de realimentación. Meyner *et al.* (1965; citado por López y Verde, 1973) también identificó a la mejora en la eficiencia parcial de utilización del alimento como uno de los factores más importantes en explicar el crecimiento compensatorio.

c. Reducción de la energía depositada como tejidos

El crecimiento compensatorio puede resultar de un cambio en la partición de la energía en el animal. Si la proporción de energía depositada como proteína aumenta, la ganancia de peso por unidad de energía depositada va a ser mayor debido a la mayor cantidad de agua que el animal retiene cuando deposita músculo en lugar de

grasa (Ryan, 1990). Basándose en esto, Black (1983, citado por Ryan, 1990)) sugiere que el cambio en la composición química de la ganancia es la explicación más consistente del aumento en la tasa de crecimiento que se da en la re-alimentación tras un período de restricción.

Cuando la restricción se da en proteína y no en la energía, el comportamiento es diferente. Orskov *et al.* (1976; citado por Ryan, 1990) trabajaron con una dieta baja en proteína y encontraron que los animales aumentaban la proporción de energía depositada como grasa. Cuando los animales eran cambiados a una dieta con alto contenido proteico, inicialmente depositaban más proteína, pero luego cambiaban y depositaban la misma cantidad de proteína y de grasa que los animales que habían estado siempre en la dieta alta en proteína.

La tasa con que se deposita la proteína y la grasa durante el crecimiento compensatorio, probablemente esté afectada por el grado al cual cada pool en particular ha sido vaciado durante el período de restricción (Ryan, 1990). Butler-Hogg (1984) encontró que la tasa con que los distintos tejidos eran degradados cambiaba durante la restricción. A medida que avanzaba el período de restricción disminuía la tasa de movilización de agua y aumentaba la de grasa. En forma similar, la tasa con que los tejidos son depositados cambia durante la re-alimentación. Fox *et al.* (1972) encontró que los novillos que habían sido restringidos a los 260 kg de peso, ganaron más proteína que los testigo en el rango de los 260 a los 350 kg, pero en el rango de 350-450 kg la tendencia se revirtió y los novillos restringidos ganaron más grasa que los testigo. A los 450 kg de peso no existieron diferencias en la composición corporal.

Según Ryan (1990), los animales que fueron restringidos tienden a depositar una mayor cantidad de proteína durante el período inicial de la realimentación. Una razón para esto, según el autor, es la necesidad de reponer la proteína removida de tejidos como el hígado y el tracto digestivo, de forma de permitirle al animal utilizar todos los nutrientes disponibles durante la realimentación. Tan alta demanda para la deposición de proteína durante las primeras etapas puede demorar la síntesis de

grasa. También Reid *et al.* (1955, citado por Universidad de la República, 1997) establecen que los animales realimentados depositan tejido de un contenido calórico menor, por ejemplo poca grasa y mucho músculo. Esto sería un factor importante en la determinación de una eficiencia mayor durante ese período, puesto que la proteína tiene un valor calórico menor que el de la grasa y suponiendo que la compensación es debida a crecimiento muscular. lo que es un punto polémico.

Ryan (1990) en su vasta revisión, concluye sobre este punto que la composición de la ganancia durante el crecimiento compensatorio depende del momento en que se mida, ya que la deposición de proteína y agua van a ser los responsables de los aumentos de peso en las primeras etapas de la re-alimentación, pero la evidencia indica que esto no perdura por mucho tiempo y otros factores estarían explicando las altas tasas de ganancia que continúan por períodos más prolongados.

d. Aumento en el consumo

Winchester y Howe, Bossett, Wilson y Osbourn, Meyner *et al.* (citados por Verde *et al.*, 1974a) y Ryan *et al.* (1993), han demostrado que los animales restringidos tienen un aumento en el consumo durante la realimentación. Wanyoike y Holmes (1981) estimaron que los terneros restringidos consumieron entre 10 y 14% más materia orgánica digestible que los testigos, y las diferencias fueron mayores por unidad de peso y unidad de peso metabólico. Según Ryan (1990), este es el principal mecanismo que explica el crecimiento compensatorio más allá de las 12 semanas después de la re-alimentación.

Luego de una restricción, el consumo de los animales no es constante sino que parece ser necesario un período de adaptación antes de que los animales que están en re-alimentación aumenten su consumo hasta el nivel de los nunca restringidos (Ryan, 1990; Ryan *et al.*, 1993). La capacidad metabólica del tracto digestivo y el peso de la mucosa ruminal, y por lo tanto la capacidad del tracto para absorber nutrientes,

se encuentran altamente afectados por el estado fisiológico y el consumo del animal (Stangassinger y Giescke, 1986; citado por Ryan, 1990). Esta disminución en la actividad del tracto cuando el animal se encuentra en un déficit nutricional ayuda al animal a conservar la energía, ya que estos son órganos muy activos metabólicamente y que requieren de un gran costo para mantenimiento (Ryan, 1990). Foot y Tulloh (1977) encontraron que los novillos restringidos tenían menor consumo que los testigo durante las primeras etapas de la re-alimentación.

Una vez comenzada la realimentación el tracto digestivo no tiene la capacidad de hacer frente a un alto consumo de alimentos, sino que existe un retraso hasta que aumenta el consumo debido a que el tracto digestivo y el hígado están aumentando su capacidad y probablemente su tamaño (Ryan, 1990). Los resultados de Ryan (1989) indican que el reestablecimiento total del tracto puede demorar hasta 90 días. El mismo Ryan (1993) encontró que los novillos restringidos consumían la misma cantidad de alimento que los testigo durante los primeros 90 días de la re-alimentación, pero que luego de este período de adaptación el consumo de los restringidos aumentaba por sobre los testigo y se mantenía así hasta el fin del experimento, a los 330 días. Thomson (1979) encontró altas tasa de retención de nitrógeno en los primeros días de la re-alimentación, lo que estaría asociado con un aumento en la tasa de deposición de proteína en el tracto digestivo (Ryan, 1990).

Por otra parte Preston y Willis (citados por Universidad de la República, 1997) sostienen que el contenido de grasa del cuerpo animal disminuye constantemente el consumo de alimento no por razones físicas si no porque el aumento de la cantidad de grasa corporal reduce la capacidad del animal de remover de la sangre los ácidos grasos volátiles en circulación. Es bien conocido el hecho de que el consumo de alimento por los rumiantes es controlado, por lo menos parcialmente por el nivel de ácidos grasos volátiles en circulación. Por lo tanto cuanto menores sean las reservas de grasa mayor será el consumo potencial

Una vez concluido este período de adaptación, el consumo depende de los factores físicos y fisiológicos que lo regulan (Weston, 1979; citado por Ryan, 1990).

Aunque los rumiantes pueden aumentar el volumen de la digesta y el llenado del rumen en respuesta a cambios fisiológicos, el tamaño del tracto es el principal factor en determinar cambios en el consumo (Ryan, 1990). El punto de digestibilidad por debajo del cual el consumo está regulado por la capacidad del rumen está cerca del 67% propuesto por Conrad *et al.* (1964), por lo que los aumentos en el consumo durante la re-alimentación solo serían posibles en dietas de alta calidad (Ryan, 1990). En su revisión sobre el tema, Ryan (1990) cita varios ejemplos en los que existió un aumento en el consumo en la re-alimentación, y en todos se trató de alimentos con más de 68% de digestibilidad (Winter, 1971; Graham y Searle, 1975; Allden, 1968). El mismo autor también cita ejemplos contrastantes en los que no se registró un aumento en el consumo cuando la dieta en la re-alimentación fue de menor calidad (Foot y Tulloh, 1977; Drew y Reid, 1975; Murray y Slezacek, 1980).

Según Ryan (1990), el aumento en el consumo durante la re-alimentación es acompañado por un aumento en el volumen de la digesta. Si el aumento en el volumen es proporcional al aumento en el consumo, el tiempo que las partículas permanecen en el rumen va a ser el mismo y por lo tanto la digestibilidad no se va a ver modificada. Por otro lado, si el aumento en el consumo es de mayor magnitud que el aumento en el volumen de la digesta, las partículas permanecen menos tiempo en el rumen y se puede esperar una reducción en la digestibilidad. Estos cambios pueden alterar la proporción de la proteína que se degrada en el rumen. Zinn y Owens (1983; citado por Ryan, 1990) encontraron que al aumentar el consumo, aumentaba la proporción de nitrógeno proveniente de la dieta que escapaba la degradación ruminal, y que aumentaba la secreción de nitrógeno endógeno. Esto resultó en una mayor cantidad de nitrógeno disponible para ser absorbido a nivel de intestino.

Resumiendo mucha información sobre este punto, Ryan (1990) concluye que el aumento en el consumo es probablemente el mayor mecanismo responsable del

crecimiento compensatorio que persiste más allá de las 12 primeras semanas después de la re-alimentación, lo que está sustentado por información más reciente del mismo Ryan (1993) y por la de Graham y Searle (1975) trabajando con ovinos. El aumento en el consumo es probablemente una consecuencia de un aumento en la capacidad de los animales para utilizar la energía, y es posible solamente en animales que perdieron, o a lo sumo mantuvieron peso durante la restricción. El aumento en el consumo está asociado a un aumento en el volumen de la digesta, y por lo tanto está limitado a los casos en que la re-alimentación se da con dietas de alta calidad de forma que la capacidad física del rumen no sea limitante. Ryan (1993) sugiere una de las explicaciones a la falta de persistencia del crecimiento compensatorio más allá de las 12 semanas es la baja calidad de la dieta durante la re-alimentación. Con el aumento en el consumo, más nitrógeno endógeno es secretado al rumen, lo que aumenta la cantidad de nitrógeno que alcanza el intestino y por lo tanto la absorción por el animal (Ryan, 1990).

Ryan (1993) sugiere que la falta de persistencia del crecimiento compensatorio sobre pasturas se debe en parte a que cuando el mecanismo del aumento en el consumo comienza a actuar, la calidad de las pasturas comienza a disminuir.

e. Aumento en el contenido del tracto digestivo

El peso del material del tracto digestivo (flujo digestivo) se reduce cuando los animales son sometidos a una subnutrición. La disminución en el peso será mayor si los animales son restringidos en la cantidad más que en la calidad de los alimentos, y al iniciarse la re-alimentación el flujo digestivo va a aumentar su volumen de tal forma que parte del peso que los animales ganan al principio se debe al aumento de la digesta más que a la deposición de tejidos. La contribución de este mecanismo estaría restringida a las primeras 2 a 3 semanas de comenzada la realimentación (Ryan, 1990). Igualmente Mc Meekan (citado por la Universidad de la República, 1997) establece que las ganancias de peso más rápidas de los animales realimentados pueden ser atribuida enteramente a un aumento del contenido gastrointestinal.

D. CARACTERÍSTICAS RACIALES

1. Introducción

Las razas *Bos indicus* evolucionaron en el Hemisferio Sur bajo un ambiente cálido y húmedo, con una temperatura promedio de 18°C o más y 50% de humedad relativa o más (Bonsma, 1973). En zonas tropicales, el ganado cruza cebú ha demostrado tener mayores tasas de crecimiento (Kennedy y Chirchir, 1971) y menores pérdidas de peso durante las sequías (Frisch, 1973) que el ganado de razas británicas. En condiciones de confinamiento, sin embargo, esta tendencia generalmente se revierte (Baker *et al.*, 1973, citado por Frisch y Vercoe, 1977), ya que las razas británicas ha sido seleccionadas intensivamente para la producción de carne en climas templados, pero en áreas tropicales y subtropicales estos animales tienen un performance por debajo de su potencial y tienden a ser improductivas (Cartwright, 1955; citado por Gil *et al.*, 1984). Según Frisch y Vercoe (1977), en ambientes donde el nivel de stress por parásitos, calor, enfermedades y fluctuaciones nutricionales es bajo, las cruas británicas tienen la misma o mayor capacidad de crecimiento que las cruas Brahman. La tasa de crecimiento relativa de las razas, por lo tanto, va a depender de la presencia o ausencia de stress ambiental, lo que afecta en forma diferente al consumo y la ganancia de peso (Frisch, 1976), y generalmente las razas *Bos taurus* se van a ver favorecidas por sobre las *Bos indicus* en áreas templadas sin stress (Morgan *et al.*, 1976, citado por Frisch y Vercoe, 1977; Deland *et al.*, 1974). La expresión de Heterosis para crecimiento en una crua de dos razas va a variar en forma similar y va a ser mínima en condiciones de ausencia completa de stress (Frisch y Vercoe, 1977). Estas diferencias en crecimiento entre las razas bajo condiciones muy variables de disponibilidad de alimento, reflejan diferencias en el consumo voluntario o en la eficiencia en la utilización de los alimentos y se deben a las diferencias en los caracteres adaptativos que existen entre las razas (Frisch y Vercoe, 1969; Frisch, 1976; Frisch y Vercoe, 1977).

2. Tolerancia a altas temperaturas

Han sido publicadas amplias evidencias mostrando que la especie *Bos indicus* es más tolerante a las altas temperaturas atmosféricas que *Bos taurus* (Mc Dowell, 1970; Vercoe, 1970; y Frisch y Vercoe, 1983). Los motivos de la adaptación de las razas indicas a climas cálidos radican en que más folículos pilosos primarios, sudor más desarrollado y más glándulas sebáceas que los *Bos taurus* y pueden perder mayor humedad por evaporación. Se incluyen además otros atributos como el color de pelo, pigmentación y resistencia ectoparásitos y a las enfermedades que éstos transmiten (Bonsma, 1973; Callace Gallo, 1980; Parraud, 1982).

La función de crecimiento se halla determinada, en gran medida, por la eficiencia de conversión alimenticia del animal, la cual se correlaciona estrechamente con su capacidad para mantener el equilibrio térmico (Bonsma, 1973). Según Mc Dowell (1970), el intervalo de temperatura en el cual no existen demandas de los mecanismo de regulación de la temperatura, para el ganado europeo es entre -1 y 15.5 °C y para el índico entre 10 y 26.7 °C. Si la temperatura ambiental sobrepasa dichos límites, los mecanismos de termorregulación se vuelven activos y se registra un incremento abrupto en la tasa de respiración y vaporización. Cuando el incremento en la temperatura ambiente es aún mayor, los mecanismos de regulación comienzan a fallar, observándose incrementos abruptos de la temperatura rectal, ingestión aumentada de agua, declinación en el consumo de alimentos, en la producción de leche y en el peso corporal cuando la temperatura supera los 27 y 35 °C en ganado de razas británicas e índicas, respectivamente (Mc Dowell, 1970). El mismo autor indica que existe muchos otros cambios cuando se incrementa la temperatura de 10 ° a 40.5 °C, lo que explica en parte el deterioro del ganado altamente productivo en regiones tropicales.

Uno de los motivos de la mayor tolerancia al calor de los animales de razas índicas es la menor producción de calor por unidad de peso, que ha sido reportada como un 20% menor que en animales de razas europeas de igual peso y edad (Brody,

1956; citado por Gil *et al.*, tesis), lo que está relacionado con el menor metabolismo basal reportado por Vercoe (1970) en las razas índicas.

Según Mc Dowell (1970), las diferencias en las características externas del cuerpo, como el mayor largo de orejas, papada, doblez de ombligo y prepucio, pueden ser útiles al animal en un ambiente caluroso, pero las evidencias de las investigaciones entre los grupos de razas en cuanto a estas características es que no son los factores primarios responsables de la adaptabilidad a las situaciones climáticas adversas. El pelo y la piel también juegan un papel importantísimo en la adaptabilidad de los animales. Turner y Schleger (1960), Mc Dowell (1970) y Pereda (1981) indicaron que la piel gruesa, lisa y muy bascularizada, que tiende a tener un pelaje más corto y más untuoso, se adapta bien a las altas temperaturas ambientales. Estas son las características de la piel de las razas índicas, por lo cual presenta ventajas sobre las razas europeas, además de tener entre un 50 y 100% más de glándulas por unidad de área que las razas europeas (Mc Dowell, 1970).

Mc Dowell (1970) expresa que otro factor que influye en el intercambio térmico son la gordura y la musculatura superficial. Cuando la grasa es almacenada cerca de la piel, impide la pérdida de calor. Esto resultaría en menores pérdidas de calor en los animales británicos, ya que tienden a tener un mayor tenor graso. La musculatura cercana a la superficie de la piel ofrece algunas ventajas al tener un grado alto de vascularidad cerca de la piel.

En este sentido Ragsdale *et al.* (1957, citado por Gregory *et al.*, 1979) encontró que las vaquillonas Shorthorn crecían a una tasa muy pobre con una temperatura de 27°C, y mejoró considerablemente cuando la temperatura era de 10°C, mientras que las vaquillonas Brahman crecieron en ambos casos a tasas normales, y a 27°C la ganancia diaria fue mayor que a 10°C. Rollins *et al.* (1964, citado por Gregory *et al.*, 1979) observaron que los terneros $\frac{3}{4}$ Hereford – $\frac{1}{4}$ Brahman crecieron a mayor velocidad tanto en confinamiento como en pasturas durante los meses de verano, pero esto se revertía en el caso del feedlot durante el otoño e invierno. Rankin *et al.* (1964,

citado por Gregory *et al.*, 1979) encontraron que la diferencia en kg de ternero destetado a favor de las vacas Brahman en relación a las Hereford era mayor en un clima semidesértico con bajas precipitaciones y altas temperaturas que en un ambiente más templado. De igual manera Cartwright y Rollins, citados por Epstein (1972), hallaron que el ganado Brahman y las cruces Brahman ganaron peso más rápido que los Hereford en verano, pero no en los meses más fríos, esto es también efecto de la interacción genotipo – ambiente que es indudable cuando se consideran las razas cebuinas y británicas.

3. Consumo y eficiencia

Muchos trabajos reportan un mayor apetito inherente de las razas *Bos taurus* en relación a las *Bos indicus*, sobre todo en confinamiento y en áreas templadas, lo que les permitiría tener mayores tasas de crecimiento en estas condiciones (Frisch y Vercoe, 1969; Rogerson *et al.*, 1968; Ledger *et al.*, 1970; Deland *et al.*, 1974; Morgan *et al.*, 1976; citado por Frisch y Vercoe, 1977). Este mayor apetito inherente y la mayor tasa de crecimiento bajo condiciones de bajo stress es una característica propia de las razas *Bos taurus* europeas en relación a las razas *Bos indicus* africanas o índicas (Harbers *et al.*, Baker *et al.*, Warnik *et al.*, citados por Frisch y Vercoe, 1977; Rogerson *et al.*, 1968; Ledger *et al.*, 1970).

Frisch y Vercoe (1977) encontraron que, a un mismo peso vivo, el consumo de los novillos Hereford x Shorthorn fue entre un 5 y un 7% mayor que los Brahman en las dietas de alta (15% PC) y baja (7.5% PC) calidad, respectivamente. Los datos de Hunter y Siebert (1986) muestran que no existieron diferencias en el consumo de novillos Hereford y Brahman en dietas de baja calidad, pero a medida que aumentaba la calidad de la dieta, la diferencia en consumo a favor de Hereford se incrementaba. Sin embargo, Ledger *et al.* (1970) indican que el ranking de consumo voluntario en las razas *Bos taurus* y *Bos indicus* no se ve modificado por la naturaleza de la dieta.

Frisch y Vercoe (1969) encontraron que los novillos Hereford x Shorthorn consumieron un 21% más heno de alfalfa ofrecido *ad libitum* que los Brahman, pero estos ganaron más peso con el mismo consumo ajustado. Los autores concluyen que los novillos Brahman tuvieron una mayor eficiencia en la utilización de alimentos por encima de mantenimiento, menores requerimientos de mantenimiento o una combinación de ambos factores. La mayor eficiencia del alimento por encima de mantenimiento, pudo ser debido a una mayor cantidad de energía metabolizable disponible, o a una utilización más eficiente de ésta a una misma ingesta.

Moore *et al.* (1975) encontraron una interacción importante entre la raza y la dieta, al observar que los novillos *Bos indicus* fueron más eficientes que los Hereford cuando consumían forrajes de baja calidad, pero esto se revirtió con forrajes de mayor contenido energético. Similares resultados obtuvieron Frisch y Vercoe (1978), quienes reportaron que el ganado Cebú presentó ventajas en forrajes ricos en fibra, ya que no se adaptaron fácilmente a dietas ricas en energía como los *Bos taurus*.

Duckworth (1946; citado por Vercoe, 1967), luego de revisar un gran número de ensayos, llegó a la conclusión que la digestibilidad de la dieta en las razas *Bos taurus* fue mayor que en las *Bos indicus* cuando los contenidos de fibra bruta eran bajos, y esto se revirtió cuando los porcentajes de fibra del alimento aumentaban. Resultados similares obtuvieron Moore *et al.* (1975) cuando utilizaron novillos Hereford y Brahman para comparar la digestibilidad de tres dietas que variaban en el contenido de energía y fibra bruta. En dietas de alto contenido energético y bajo contenido de fibra, los novillos Hereford tuvieron una mayor digestibilidad de la materia seca y de la energía, mientras que con dietas de bajo contenido energético y alto contenido de fibra, los Brahman tuvieron una mayor digestibilidad de ambos parámetros. En las dietas intermedias no se registraron diferencias significativas entre razas. Esto coincide con los resultados de Phillip (1961; citado por Vercoe, 1967) quien reportó que los novillos *Bos indicus* digirieron 3% más de la materia orgánica de pasturas de pobre calidad que los Hereford.

Frisch y Vercoe (1984) mostraron que los novillos Hereford x Shorthorn tienen requerimientos de mantenimiento aproximadamente un 20% superiores que los de los Brahman. Los autores compararon el comportamiento de los novillos en dos tipos de dietas. Cuando la alimentación fue restringida, los novillos cruza Brahman perdieron un 10% menos de peso que los británicos, y cuando la alimentación fue *ad libitum* lograron mantener un mayor peso vivo a un mismo nivel de consumo ajustado. Parte de estas diferencias en la capacidad de mantener un mayor peso vivo con un mismo consumo de energía, los autores la atribuyen a que el metabolismo en ayuno de los novillos Brahman fue entre un 6 y un 10% menor que el de los británicos. Otro motivo que explique estas diferencias puede radicar en la eficiencia en la utilización de la energía metabolizable para mantenimiento, que ha sido reportada en un 10% mayor en los novillos cruza Brahman que en los Hereford x Shorthorn (Vercoe, 1970).

Para tolerar un mismo déficit energético, por lo tanto, un animal de una raza británica necesitaría consumir más alimento, considerando que el grado en que se digiere la dieta sea el mismo. Este último supuesto coincide con los resultados de Moran y Vercoe (1972) y Hennessy *et al.* (1995), quienes no encontraron diferencias entre razas en la digestibilidad de la dieta. Sin embargo, Hegarty (2000; citado por Gimeno *et al.* 2002) reportó que en dietas de baja proteína los novillos Brahman consumieron más materia seca y digirieron más proteína. La habilidad del Cebú (*Bos indicus*) de fermentar más rápido dietas deficientes en nitrógeno con respecto a los *Bos taurus* puede ser debido a la gran cantidad de nitrógeno transferido al rumen por día por estos y por la gran población de protozoarios que incrementan la lisis microbiana del rumen.

Hennessy *et al.* (1995) compararon el consumo de forrajes de baja calidad (3.8% PC) y la respuesta a la suplementación en novillos con distintas proporciones de Brahman (B) y Hereford (H). Los autores encontraron que los novillos F₁ (HxB) fueron los que consumieron más forraje cuando no se suplementaba, y no respondieron a la suplementación con nitrógeno de distinta degradabilidad. Los novillos HxBH, HBxHB y BxBH, en cambio, respondieron a la suplementación aumentando su consumo en 26,

18 y 18%, respectivamente, eliminando las diferencias con los F_1 . Los autores concluyen que el grado en que el consumo se estimulaba por el agregado de un suplemento proteico disminuía con el contenido de *Bos indicus*, lo que coincide con los resultados de Hunter y Siebert (1985b), quienes registraron un 25% de aumento en el consumo de novillos Hereford cuando se suplementaba con N y S, pero no encontraron respuesta en los Brahman. Resultados similares obtuvieron Hunter y Siebert (1987) cuando compararon el consumo de dos tipos de forrajes de baja calidad en novillos *Bos taurus* y *Bos indicus* suplementados con fuentes proteicas de distinta degradabilidad. Para eso utilizaron *Heteropogon contortus* (spear grass, 3.5% PC) y *Digitaria decumbens* (pangola, 12.6% PC), y suplementaron con N degradable en rumen o con N degradable + proteína de sobrepaso. En el caso del spear grass, los autores encontraron que, si bien ambas razas respondieron a la suplementación aumentando su consumo, la magnitud en la respuesta en los novillos Angus (35%) fue mucho mayor que en los Brahman (22%). En la dieta de pangola no existieron diferencias entre razas.

Según Frisch y Vercoe (1977) el consumo voluntario de las cruza cebú con razas europeas se encuentra entre los consumos de ambas razas paternas, y probablemente se acerque más a la raza británica que a la índica. Esto coincide con lo encontrado por Ledger *et al.* (1970). Por esto, los autores opinan que si se cruza ganado Brahman con una raza europea de alto consumo voluntario, es esperable que el consumo de la crusa aumente y, por lo tanto, se obtengan mayores ganancias de peso que la que se obtiene en una crusa con una raza de un consumo voluntario relativamente bajo, como por ejemplo Hereford. De esta forma, según Frisch y Vercoe (1977), bajo ambientes subtropicales la forma más rápida de aumentar la tasa de ganancia de peso del ganado crusa Brahman podría ser sustituir el componente *Bos taurus* por otro con mayor consumo voluntario, en lugar de seleccionar dentro de la población crusa Brahman ya existente.

Hunter y Siebert (1986) compararon la digestión de pasto pangola (6.5% PC, 68% digestibilidad) en novillos Hereford y Brahman. Los autores encontraron que, si

bien no existieron diferencias en la cantidad de materia orgánica ni de pared celular digerida en ambas razas, los novillos Hereford tuvieron una mayor retención de nitrógeno, porque excretaron menos en la orina. Como consecuencia, los novillos Hereford tuvieron un mayor flujo de N total al intestino, y un mayor flujo de N no amoniacal que llegaba y era digerido en el intestino. Los autores no encontraron explicaciones para esto, aunque indican que una posible razón podría ser que la diferencia en el tiempo de retención de las partículas en el rumen (Hunter y Siebert, 1985b) altere los requerimientos de los microorganismos y afecte la cantidad de proteína sintetizada por unidad de materia orgánica, o que el mayor número de protozoarios que tiene el ganado Brahman (O'Kelly y Spiers, 1992) haya resultado en una mayor depredación de las bacterias en esta raza. Sin embargo, Hennessy *et al.* (1995) encontraron en novillos cruza que a medida que aumentaba el contenido de *Bos indicus* aumentaba la retención de N (debido a una menor excreción mediante la orina) y la concentración de amino en el rumen. Según los autores esto lleva a que se favorezca el crecimiento microbiano y se digiera más rápido el forraje.

Según O'Kelly y Spiers (1992) las razones por las cuales el ganado *Bos indicus* logra mantener un mayor peso vivo que el *Bos taurus* cuando se alimenta con la misma cantidad de comida por un tiempo prolongado no están claras. Existen estudios que compararon en ambas razas la digestibilidad en todo el tracto de varias dietas con varios grados de consumo, pero no han llegado a conclusiones claras acerca de la superioridad o no de una raza sobre la otra (Morgan y Vercoe, 1972). El estudio de Kennedy (1982) usando heno de alfalfa o de una pastura de baja calidad, indica que el mayor peso que logra mantener el ganado *Bos indicus* estaría reflejando un mayor grado de digestión de la materia orgánica en el rumen y una síntesis de proteína corporal más eficiente en el ganado Brahman. En su estudio, Hunter y Siebert (1985a, 1985b) encontraron que, con una dieta de un forraje de baja calidad con bajo contenido proteico, el ganado Brahman tuvo una mayor concentración de amonio en rumen, mayor tasa de digestión de la materia orgánica y mayor tiempo de retención de las partículas, lo que llevó a que tengan un mayor consumo que el ganado Hereford. Los autores concluyen que estas diferencias se efectuaron mediante un mayor aporte de

nutrientes externo para los microorganismos del rumen, ya que al suplementar con nitrógeno, azufre y minerales se logró aumentar la tasa de digestión en el ganado Hereford, pero no así en el Brahman.

O'Kelly (1985) aportó evidencias de que las diferencias en la fisiología digestiva ruminal entre el ganado Brahman y Hereford contribuyen a que existan diferencias cuantitativas en los productos de la digestión a ser absorbidos. A un mismo consumo, ya sea de forrajes de baja o de alta calidad, se sintetizaban más lípidos en el fluido ruminal del ganado Brahman que en el Hereford, y tanto las bacterias que digieren líquidos como las que digieren sólidos tuvieron un mayor contenido de lípidos en el ganado Brahman (O'Kelly y Spiers, 1990). O'Kelly y Spiers (1992) también encontraron que el ganado Brahman tuvo un mayor contenido de protozoarios que el Hereford, tanto en dietas de alta como de baja calidad, y en dietas de alta calidad además el contenido de bacterias fue un 24% mayor. Los autores indican que uno de los motivos que pudo llevar a estas diferencias son las diferencias en el ambiente ruminal, ya que el fluido ruminal de los novillos Brahman tuvo menor temperatura y mayor pH que el de los Hereford con ambas dietas. Como resultado final de esta modificación en la microflora, los novillos Brahman tuvieron una mayor concentración de butirato (principal producto de la fermentación de los protozoarios) y también un aumento en la concentración de propionato (posiblemente asociado al aumento de las bacterias), lo que redundó en un mayor contenido de glucosa en plasma. O'Kelly y Spiers (1992) también encontraron una mayor concentración de ácidos grasos de cadena larga en el fluido ruminal de los novillos Brahman que se asoció con un mayor contenido de colesterol en el plasma, lo que coincide con un estudio previo de los mismos autores (O'Kelly y Spiers, 1990), quienes encontraron que las diferencias entre razas en el colesterol en plasma se debían a la absorción de diferentes cantidades de ácidos grasos de cadena larga desde el líquido ruminal. Según los autores, esta cantidad extra de ácidos grasos de cadena larga sintetizados en el rumen puede estar aportando la energía que necesita el ganado Brahman para mantenerse entre un 10 y un 15% más pesado con el mismo consumo (O'Kelly, 1985). De esta forma O'Kelly y Spiers (1992) concluyen que el mayor contenido de protozoarios en el rumen del

ganado Brahman explicaría al menos en parte la mayor habilidad para digerir alimentos de baja calidad en relación al Hereford; y que las diferencias entre las razas para mantener distinto peso vivo con el mismo consumo estaría explicada más que nada por las diferencias en la cantidad de energía y de nutrientes esenciales que aporta el rumen a los tejidos, y no básicamente por las diferencias en la eficiencia en la utilización de la energía metabolizable para mantenimiento.

De forma similar, Hennessy *et al.* (1995) encontraron que a medida que aumentaba el contenido de *Bos indicus* disminuía el consumo, lo que se asociaba con un aumento en el número de protozoarios. Los autores indican que los protozoarios incrementan la velocidad de digestión en el rumen de ciertas proteínas, péptidos y aminoácidos de los alimentos, reduciendo su capacidad de sobrepasar el rumen, lo que esta respaldado por la mayor concentración en el rumen de los novillos con alta proporción de *Bos indicus* de isovalerato, un subproducto de la rotura de aminoácidos de cadena ramificada, indicador de la degradación ruminal de proteínas. Por lo tanto los autores concluyen que los suplementos proteicos de sobrepaso, cuyo objetivo es aumentar la disponibilidad de péptidos y aminoácidos a nivel intestinal, van a ser más provechosos cuando se usan en razas *Bos taurus* que en las *Bos indicus*.

Howes *et al.* (1963) estudiaron la eficiencia digestiva de los Brahman y Hereford, no pudieron detectar diferencias significativas en la digestibilidad de la materia seca, a pesar de que los promedios raciales favorecían al ganado Brahman, pero sí encontramos diferencias raciales en la digestibilidad del nitrógeno, estas se hicieron más evidentes a medida que el porcentaje de proteína curda disminuyó (de 17% a 3%).

E. PUBERTAD Y FERTILIDAD AL PRIMER SERVICIO

1. Introducción

El porcentaje de preñez de las vaquillonas depende del número de animales que están ciclando al comienzo de la época de servicio (Short y Bellows, 1971; Spitzer *et al.*, 1975; Byerley *et al.*, 1987; Ferrell, 1982). Por lo tanto, el momento en que se da la pubertad es muy importante en definir la performance reproductiva en el primer servicio, así como también la fecha de concepción dentro del período de servicio, que es una característica muy importante en determinar el potencial productivo futuro de la vaquillona (Zimmerman *et al.*, 1957; Spitzer *et al.*, 1975). Las vaquillonas que conciben temprano en su primer servicio paren más temprano y destetan terneros más pesados que las que conciben más tarde (Short y Bellows, 1971; Lesmeister *et al.*, 1973), y se demostró que esta ventaja se mantiene por el resto de la vida de la vaquillonas, ya que producen más terneros en relación a las que conciben tarde (Lesmeister *et al.*, 1973).

La pubertad en las hembras se define como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de la ovulación correspondiente (Rovira, 1996).

Existen dos aspectos que actúan en forma conjunta en la aparición de la pubertad: ellos son edad y el peso vivo (Menge *et al.*, 1960; Reynolds *et al.*, 1963; Wiltbank *et al.*, 1966; Laster *et al.*, 1972, 1976). Laster *et al.* (1979) hallaron una correlación de 0.90 entre la edad y el peso a la pubertad en varias razas y cruza. Por su parte, Hafez (1996) indica que el inicio de la pubertad se relaciona más estrechamente con el peso corporal que con la edad, y expresa que en ganado para carne se alcanza la pubertad cuando el peso es de 45 a 55% del peso corporal adulto, lo que, en condiciones normales, ocurre alrededor de los 12 meses en bovinos. Joubert (1963) coincide en que el peso es el factor más importante en la aparición de la pubertad. Nelsen *et al.* (1982), en cambio, indican que es necesaria una edad mínima para que las hembras presenten su primer celo.

Según Gregory *et al.* (1966), Baker (1967), Wiltbank (1966) y Roy *et al.* (1980) una vez alcanzado determinado peso, la aparición de la pubertad ya no depende de la alimentación, sino de otros factores. Hafez (1996) y Sampedro (1993) coinciden con esa observación, y mencionan que existen otros factores además del peso vivo que afectan la edad a la que se alcanza la pubertad, entre los que se encuentran la raza, el ambiente físico, el fotoperíodo, el número de machos presente, la heterosis, la temperatura ambiental y el ritmo de crecimiento antes y después del destete. Imakawa (1986) menciona que no es suficiente con que la vaquillona tenga su primer celo, sino que luego que se alcanza la pubertad es necesario que continúe ganando peso para mantener ciclos regulares.

2. Efecto de la raza

Muchos estudios demostraron que existen grandes diferencias entre razas y cruzas en la edad a la pubertad de las vaquillonas (Wiltbank *et al.*, 1966; Laster *et al.*, 1972, 1976, 1979; Gregory *et al.*, 1978; 1979; Reynolds *et al.*, 1978; Stewart *et al.*, 1980; Morgan, 1981; Ferrell, 1982; Bolton *et al.*, 1987; Freetly y Cundiff, 1997; Thallman *et al.*, 1999).

Gran parte de estas diferencias se pueden atribuir a otros factores que no son las diferencias en el peso o a la tasa de crecimiento entre razas. Algunos autores (Ferrell, 1982; Gregory *et al.*, 1978; Laster *et al.*, 1979) sugieren que las razas que han sido seleccionadas para producción de leche, alcanzan la pubertad a menor edad y peso vivo que las razas con similar tamaño adulto pero seleccionadas para producción de carne. Parte de estas diferencias pueden ser atribuidas a efectos maternos directos que se expresan mediante mayores tasas de crecimiento pre-destete de los terneros en las razas con mayor producción de leche (Plasse *et al.*, 1968; Arije y Wiltbank, 1971), lo que está respaldado por los resultados de Laster *et al.* (1979), quienes encontraron una correlación de -0.88 entre producción de leche y edad a la pubertad.

Las razas *Bos indicus* han sido reportadas en muchos estudios como de menor precocidad sexual, llegando a la pubertad con mayor edad y mayor peso que las razas *Bos taurus*, incluso que aquellas de madurez tardía y baja producción de leche (Gregory *et al.*, 1979; Stewart *et al.*, 1980; Morgan, 1981; Bolton, 1987; Patterson *et al.*, 1991; Hearnshaw *et al.*, 1994; Freetly y Cundiff, 1997). En el Cuadro 1 se muestran algunos de los resultados de los trabajos que midieron edad y peso a la pubertad en vaquillonas Brahman, de razas británicas y cruzas de ambas.

Morgan (1981) encontró en vaquillonas que se encontraban sobre pasturas mejoradas que mientras más del 70% de las vaquillonas Hereford habían alcanzado la pubertad a los 550 días, en las cruza Brahman x Hereford menos de un 40% había entrado en celo a la misma edad. En promedio las vaquillonas Brahman alcanzaron la pubertad 104 días más tarde y 46 kg más pesadas que las Hereford.

De forma similar, Gregory *et al.* (1979) encontraron que las vaquillonas Brahman x Hereford alcanzaron la pubertad 76 días más tarde y con 36 kg más de peso que el promedio de las cruzas recíprocas Hereford-Angus. Los autores encontraron que a los 280, 310, 340 y 370 kg, un 26, 65, 90 y 96% de las vaquillonas cruza recíproca Hereford-Angus, y un 0, 18, 62 y 86% de las Brahman x Hereford habían alcanzado la pubertad, respectivamente. Cuando los autores tomaron intervalos de edad de 30 días, encontraron que un 28, 78, 93 y 99% de las vaquillonas Hereford-Angus, y un 0, 13, 68 y 96% de las Brahman x Hereford habían alcanzado la pubertad a los 300, 360, 420 y 480 días, respectivamente. Esto marca la tendencia a que las vaquillonas Brahman puras o cruza alcanzan la pubertad a mayor edad pero lo hacen en forma más concentrada que las Hereford, lo que se refleja en como cambian los porcentajes de vaquillonas en celo entre los 280 y 370 kg, o entre los 300 y 480 días para ambas razas. De forma similar, O'Mary y Dyer (1978) obtuvieron que para presentar 65 a 70% de vaquillonas en celo, las Hereford precisaban 295 kg mientras que cruza Brahman debería llegar a 330 kg, mientras que para obtener 85 a 90% de celos requerían 320 y 340 kg, respectivamente.

Cuadro 1. Antecedentes de edad y peso a la pubertad de vaquillonas *Bos taurus* y *Bos indicus*.

Raza ó Cruza	Pubertad		Comentario	Autor
	Edad (días)	Peso (kg)		
H	464	290	Pasturas mejoradas	Morgan, 1981
B x H	568	336		
H/A *	326	296		Gregory <i>et al.</i> , 1979
B x H	402	332		
H	300	197	Feedlot	Stewart <i>et al.</i> , 1980
B x H	382	275		
B	425	272		
H	343	276	Pasturas mejoradas	Stewart <i>et al.</i> , 1980
B x H	454	235		
B	479	299		
H x H/A **	375	272		Alberta Agriculture, citado por Rovira, 1996
B x H/A **	400-412	320-325		
H	380	270	Campo natural + Suplementación***	Bolton <i>et al.</i> , 1987
B ₁ H ₃	373	277		
H x B	378	281		
H	543	210	Campo natural	Sampedro, 1993
B ₅ H ₁₁	467	225		
B ₅ H ₃	465	233		
B	508	212		
H x ****	353	348		Freetly y Cundiff, 1997
B x ****	411	342		
A x H	-	260		Patterson <i>et al.</i> , 1991
B x H	-	264		
H	-	240		Pittaluga <i>et al.</i> , 1973
B x H	-	296		

B = Brahman H = Hereford A = Angus * Promedio de las cruzas recíprocas entre Hereford y Angus. ** Raza materna Hereford y Angus. *** Promedio de vaquillonas nacidas en primavera y en otoño. **** Promedio de las razas maternas: Hereford, Angus y MARC III.

El hecho de que las vaquillonas alcancen más tarde la pubertad puede repercutir en menores porcentajes de preñez, sobre todo cuando el primer servicio se hace en forma temprana. Ferrell (1982) trabajando con varias razas británicas y continentales encontró que el porcentaje de preñez a los 15 meses se vio más afectado por la raza que por la ganancia diaria post-destete, y que las razas a que entraron antes a la pubertad tendieron a tener mayor tasa de preñez y a parir más temprano que las que llegaron más tarde.

Sin embargo, la menor precocidad sexual de las vaquillonas *Bos indicus* puras o cruza, no implica que necesariamente tengan menores porcentajes de preñez en su primer servicio. Bolton *et al.* (1987) no encontraron diferencias en el porcentaje de preñez de vaquillonas $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman nacidas en primavera en relación a las *Bos taurus* cuando el servicio era al año de edad, lo que coincide con los resultados de Young *et al.* (1978) quienes encontraron que la raza paterna (Brahman Vs. Hereford o Angus) no afectó el porcentaje de preñez de las vaquillonas. Gregory *et al.* (1979) reportaron que, si bien las vaquillonas Brahman x Hereford demoraron 76 días más en promedio en alcanzar la pubertad, al iniciarse el servicio a los 18 meses la totalidad de las vaquillonas se encontraban ciclando, y el porcentaje de preñez de las vaquillonas Brahman x Hereford fue mayor que el promedio de la cruza recíprocas Hereford - Angus (89 Vs. 82%). Por su parte, Freetly y Cundiff (1997) encontraron que a la finalización del servicio, si bien un 98% de las cruza Hereford habían alcanzado la pubertad en comparación con un 79% de las vaquillonas cruza Brahman, esto no provocó diferencias en el porcentaje de preñez obtenido. En ese mismo trabajo, los autores encontraron que el porcentaje de preñez de las vaquillonas cruza Brahman fue mayor al porcentaje que se había detectado como púber mediante la observación visual (84 Vs. 79%), y sugieren que las vaquillonas cruza Brahman son penalizadas cuando se utiliza este método para la detección de celo. Esto podría explicar en parte que los casos en que no existen diferencias en la preñez a pesar de que existen grandes diferencias en el momento en que las vaquillonas entran en celo por primera vez.

De forma similar, Pittaluga (1981) no encontró diferencias en el porcentaje de preñez de vaquillonas media sangre cebú y Hereford, pero las primeras alcanzaron el peso de entore un año antes. Sin embargo, Rudder *et al.* (1976) reportaron un efecto altamente significativo de la raza sobre la tasa de preñez. Los autores informaron que a medida que se aumentan las proporciones de sangre Hereford frente a la Brahman la tasa de preñez aumenta consistentemente, y que el efecto del año solo alcanzó significación sobre la tasa de preñez cuando ocurrían condiciones anormales desfavorables.

a. Heterosis

La heterosis puede modificar la fertilidad de las vaquillonas, ya sea mediante un adelanto en la edad a la pubertad, o por su influencia en otros parámetros reproductivos.

El efecto de heterosis en la pubertad ha sido reportado por varios autores. Laster *et al.* (1976) encontraron que las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 19.5 días antes que las puras, aunque el peso no se vio modificado. Por su parte, Gregory *et al.* (1978) encontraron que la heterosis fue de 6.8 kg y -9.4 para peso y edad a la pubertad, respectivamente. Wiltbank *et al.* (1966) reportaron que las vaquillonas cruza entre razas británicas alcanzaban la pubertad a menor edad que las de razas puras, y que este efecto se manifestaba en forma independiente de la heterosis para ganancia de peso. Los autores arribaron a esta conclusión cuando, luego de corregir la edad a la pubertad por la ganancia diaria, entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del efecto de heterosis en edad a la pubertad continuaba presente, lo que sugiere que este efecto se adiciona a aquel manifestado a través de mayores ganancias de peso.

No existe mucha información en cruzas entre *Bos indicus* y *Bos taurus*. Al respecto, Franke y England (citado por Koger *et al.*, 1976) indicaron una heterosis de 14% en la edad a la pubertad para las cruzas Brahman – Hereford y Brahman – Aberdeen Angus, aunque en ninguno de los casos la pubertad ocurre antes que en las raza británica parental. Gregory *et al.* (1979) concluyen que el mérito genético aditivo de la raza Brahman probablemente es extremadamente bajo para la edad a la pubertad, debido a que la heterosis media para esta característica es alta para las razas *Bos indicus* en cruzas con razas *Bos taurus*.

Algunos antecedentes indican que el efecto de heterosis en la edad a la pubertad depende del nivel de alimentación. Wiltbank *et al.* (1966) encontraron que las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 41 días antes que las puras cuando fueron alimentadas en el plano bajo, mientras que la diferencia fue de 35 días en el plano alto.

De forma similar, Wiltbank *et al.* (1969) encontraron que en el plano alto las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad a la misma edad pero con 31 kg más que las puras, mientras que en el plano bajo las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 148 días antes y 14 kg más pesadas que las puras. Si bien existió una diferencia en el peso inicial y en la GMD a favor de las cruza, los autores concluyen que no toda la variación en la edad a la pubertad puede ser explicada por la diferencia en la tasa de crecimiento, ya que al corregir la edad y el peso a la pubertad por la ganancia diaria las diferencias continuaban siendo importantes

Otros trabajos también reportaron que la heterosis aumenta la “tasa de maduración” de los animales, es decir que hace que maduren antes en varias características (Gregory *et al.*, 1966a; Gregory *et al.*, 1966b), una de las cuales es la pubertad. Sin embargo, la heterosis se puede manifestar en otros parámetros reproductivos diferentes a la pubertad. Cundiff *et al.* (1984) encontraron que existió un efecto de heterosis de un 6.6% en la concepción al primer servicio, lo que resultó en un aumento de un 6.4% en los terneros destetados por vaca servida. De forma similar, Nelson y Beavers (1982) reportaron mayores tasas de preñez de las hembras cruza, probablemente como consecuencia de un mayor porcentaje de concepción en relación a las puras o, como expresan Sagebiel *et al.* (1967), de una menor mortalidad embrionaria provocada por el vigor híbrido

3. Efecto del plano nutricional

La edad a la pubertad, y por lo tanto, la fecha de concepción y el porcentaje de preñez son muy influenciados por el manejo nutritivo de las vaquillonas durante el primer invierno post-destete (Joubert, 1954, 1963; Hanson, 1956, citado por Arnett *et al.*, 1971; Swanson, 1957, 1960; Hansel, 1959, citado por Arije y Wiltbank, 1971; Crichton *et al.*, 1959; Sorensen *et al.*, 1959; Reid, 1960; Reynolds *et al.*, 1963; Bellows *et al.*, 1965; Wiltbank *et al.*, 1966, 1969; Clanton y Zimmerman, 1970; Short y Bellows, 1971; Arije y Wiltbank, 1971; Dofour, 1975; Varner *et al.*, 1977; Ferrell, 1982; Wiltbank *et al.*, 1985; Bolton *et al.*, 1987; Hearnshaw *et al.*, 1994; Buskirk *et al.*, 1995; Marston *et*

al., 1995; Freetly y Cundiff, 1997). Muchos autores demostraron que la subnutrición puede resultar en aumento de la edad a la pubertad, tasas de concepción subnormales y ubres poco desarrolladas (Joubert, 1954; Sorensen *et al*, 1954, 1959; Wiltbank *et al*, 1966, 1969; Clanton y Zimmerman, 1970; Short y Bellows, 1971; Arije y Wiltbank, 1971; Dofour, 1975). La sobrealimentación, en cambio, puede producir débiles manifestaciones de celo, bajas tasas de concepción, alta mortalidad embrionaria, escaso desarrollo de la glándula mamaria y bajas producciones de leche (Swanson, 1957, 1960; Sorensen *et al*, 1959; Moustgaard, 1969, citado por Ferrel, 1982; Arnett *et al.*, 1971; Pinney *et al.*, 1972; Ferrell *et al.*, 1976). Por lo tanto, la nutrición inadecuada durante el período de crecimiento puede tener efectos tanto de corto como de largo plazo en la productividad de las vaquillonas.

Scena y Monje (1994) publicaron resultados donde las vaquillonas que tuvieron mayor tasa de crecimiento durante el primer invierno posdestete pesaron 19 kg más (234 Vs. 215 kg) y tuvieron un diámetro uterino mayor (1.1 Vs. 0.9 cm, $P < 0.05$) en el segundo otoño de vida, con aproximadamente 18 meses de edad, que las que crecieron a menor velocidad en el mismo período. Si bien las diferencias desaparecieron en el invierno siguiente, estos resultados sugieren que una diferencia relativamente pequeña en el peso vivo puede provocar diferencias significativas en el desarrollo de los órganos reproductivos.

Short y Bellows (1971), trabajando con vaquillonas cruzas entre Hereford y Angus, encontraron que a medida que aumentaba la ganancia diaria las vaquillonas alcanzaban la pubertad con menor edad y mayor peso vivo, aunque el crecimiento corporal de la vaquillona se aceleraba más que el desarrollo reproductivo en respuesta al mejor plano nutricional. Las vaquillonas que estuvieron en el plano alto de alimentación post-destete (0.63 kg/d), llegaron a la pubertad 23 y 45 días antes y con 11 y 21 kg más de peso que las del plano medio (0.45 kg/d) y bajo (0.34 kg/d), respectivamente. Esto originó que la proporción de vaquillonas que alcanzaron la pubertad, que fue de 83% y 9% antes del comienzo del servicio, y de 100% y 80% al finalizar el servicio para los planos alto y bajo, respectivamente. Por su parte, Laster *et*

al. (1979) observaron que las vaquillonas que ganaron 0.49 kg/d post-destete, alcanzaron la pubertad a la misma edad que las que ganaron 0.59 kg/d en el mismo período, aunque con mayor peso.

Turman (1963), trabajando con dos niveles de alimentación que originaron ganancias de entre 0.78 y 0.45 kg/día para el nivel alto, y entre 0.37 y 0.20 kg/día para el bajo, concluyeron que la alimentación en el primer invierno de vida es de suma importancia. Ganancias de peso del orden de 0.5 kg/día durante el invierno, determinaron que a los 17 meses de vida el 90% de los animales habían presentado la pubertad. Cronjé (1990) muestra que la tasa de crecimiento durante el primer invierno post-destete es crítica en las vaquillonas destinadas a ser servidas al año de edad. Aunque una restricción durante este período pueda tener efectos muy pequeños en el tamaño maduro del animal, el efecto sobre la tasa reproductiva puede ser de mayor magnitud. Pope (1967, citado por Cronjé, 1990) alimentó vaquillonas para que ganen 1.6, 19 o 32% de su peso vivo durante el primer invierno post-destete, y encontró que la proporción de animales en celo a los 15 meses fue de 70, 90 y 100%, respectivamente.

Clanton y Zimmerman (1970) encontraron que vaquillonas alimentadas con el 100% de la proteína y la energía de lo recomendado por el NRC para una óptima producción alcanzaron la pubertad con 384 días, en contraste con las vaquillonas alimentadas con el 50% de la proteína y/o el 85% de la energía recomendada, que tuvieron su primer celo entre los 459 y 471 días de edad. De forma similar, Howes (1960; citado por Ordeix *et al.*, 1983) encontraron que las vaquillonas Hereford y Brahman alimentadas con la cantidad diaria de proteína recomendada por el NRC alcanzaron la pubertad a los 408 y 458 días, pero cuando recibieron solo el 50% de sus requerimientos proteicos la pubertad se alcanzó a los 528 y 591 días, respectivamente. En ambos casos no existieron diferencias entre razas en la tasa de crecimiento.

El plano nutricional no afecta por igual a cada raza, sino que existe una interacción con el biotipo. Ferrell (1982) evaluó el efecto de 3 niveles de alimentación

post-destete en varias razas británicas y continentales, y encontró que, aunque la ganancia diaria en cada nivel de alimentación no difirió entre razas, la edad y el peso a la pubertad si se vieron afectados por el nivel de alimentación, sugiriendo que el efecto de una misma ganancia diaria post-destete no es igual para todas las razas. En todos los biotipos evaluados las vaquillonas con los niveles medio y alto de alimentación fueron más jóvenes y más pesadas a la pubertad, y el grado en que se retrasó la pubertad en las alimentadas con el nivel bajo dependió de la raza. En las razas continentales la pubertad se vio severamente retrasada con los niveles bajos de alimentación, mientras que en las vaquillonas Hereford no existieron diferencias con los niveles medio y alto. De forma similar, Stewart *et al.* (1980) evaluaron la pubertad en vaquillonas de varias razas y sus cruza en dos ambientes alimenticios y encontraron que las Brahman fueron las más pesadas y tuvieron la mayor edad a la pubertad, tanto en feedlots como en pasturas. En confinamiento las vaquillonas Hereford alcanzaban la pubertad 43 y 82 días antes que las Brahman x Hereford y las Brahman, respectivamente. Bajo condiciones de pastoreo las vaquillonas cruce fueron las más jóvenes a la pubertad, ya que llegaron a este momento con 29 y 54 días menos que las Hereford y las Brahman, respectivamente. Esto coincide con los resultados de Sampedro (1993) bajo condiciones de campo natural, donde las vaquillonas cruce Brahman x Hereford alcanzaron antes la pubertad que las dos razas puras.

Freetly y Cundiff (1997) encontraron que el plano nutricional que produjo ganancias de entre 0.52 y 0.76 kg/d para las vaquillonas cruza Hereford y entre 0.40 y 0.63 kg/d para las cruza Brahman, tuvo efecto en el peso pero no en la edad a la pubertad. Las vaquillonas cruce Hereford llegaron a la pubertad con 346 días y 336 kg, y con 347 días y 359 kg en los planos bajo y alto, mientras que las cruza Brahman lo hicieron con 411 días y 335 kg, y con 400 días y 350 kg en los planos bajo y alto, respectivamente.

Bolton *et al.* (1987) encontraron en vaquillonas con distinta proporción de Brahman, que las nacidas en la primavera alcanzaron la pubertad 14 días más jóvenes y 40 kg más pesadas que las nacidas en otoño, lo que coincide con los resultados

obtenidos en otras razas por Menge *et al.* (1960) y Grass *et al.* (1982). Los autores atribuyen esto al distinto plano nutricional que se da entre las distintas estaciones de año en condiciones de pastoreo.

Separar las vaquillonas por peso y alimentar a las pesadas y a las livianas en forma separada ha sido demostrada como una técnica que permite adelantar la edad a la pubertad y aumentar el porcentaje de preñez (Varner *et al.*, 1977; Wiltbank *et al.*, 1985). Las vaquillonas que nacen temprano en la estación de parición son más pesadas al destete que las que nacen tarde simplemente porque tuvieron más tiempo para crecer. Varner *et al.* (1977) separaron las vaquillonas en tres lotes por su peso al destete: livianas (L), pesadas (P) y un lote mezcla (M) de livianas y pesadas, y alimentaron los tres lotes para que lleguen al servicio con el mismo peso. El hecho de separar las vaquillonas en L y P, y alimentarlas con una dieta distinta, hizo que la pubertad se adelante en relación a las livianas (ML) y pesadas (MP) del lote mezcla. Como resultado final, una proporción mayor de las vaquillonas del lote L alcanzó la pubertad al comienzo del servicio (79 Vs. 60%) y resultaron preñadas (79 Vs. 60%) en relación a las ML. Estas diferencias no se manifestaron entre las vaquillonas pesadas. En un ensayo similar, Wiltbank *et al.* (1985) separaron las vaquillonas cruza Brahman y otras en dos lotes, y las alimentaron para que un lote llegue al comienzo del servicio con un peso objetivo de 272 kg (PO1) y el otro con 318 kg (PO2). Las vaquillonas del grupo PO2 alcanzaron la pubertad 29 días antes y 17 kg más pesadas.

Modificar el plano nutricional, y por lo tanto la llegada de la pubertad, puede o no tener un efecto en la performance de las vaquillonas. La presencia o no de respuesta en términos reproductivos parece depender de cuánto antes del servicio las vaquillonas entren en pubertad. Ferrell (1982) trabajando con varias razas británicas y continentales encontró que, si bien existieron diferencias en la edad a la pubertad vaquillonas alimentadas con distintos planos nutricionales post-destete, no existieron diferencias en el porcentaje de preñez entre estos tratamientos, ya que al comenzar el servicio el 98% de las vaquillonas habían alcanzado la pubertad. Por el contrario, Short y Bellows (1971) encontraron que la proporción de vaquillonas que alcanzaron la

pubertad antes del comienzo del servicio fue de 83% y 9% para los planos alto (0.63 kg/d) y bajo (0.34 kg/d), lo que resultó en porcentajes preñez del 90% y 63%, respectivamente. Las vaquillonas del plano alto concibieron antes que las del plano bajo, pero el número de servicios por concepción no se vio afectado. Esto coincide con los resultados de Joubert (1955) quien encontró que las vaquillonas que se alimentaban en un plano nutritivo bajo durante el invierno, concibieron más tarde debido a que presentaron celo más tarde y no debido a un aumento en el número de servicios por concepción. Short y Bellows (1971) concluyen que la menor performance reproductiva de las vaquillonas alimentadas en un plano nutritivo bajo post-destete se debió a la menor proporción de animales que alcanzaron la pubertad al fin del servicio, a la menor tasa de concepción de las que alcanzaron la pubertad, a que las vaquillonas que concibieron lo hicieron más tarde, y a que existieron mayores pérdidas de preñez (13 Vs. 3%), en relación a las alimentadas en un plano alto. De forma similar, Lemenager *et al.* (1980) encontraron que las diferencias en el nivel de suplementación invernal determinaron diferencias en la tasa y en la fecha de concepción, ya que las vaquillonas alimentadas con el nivel bajo durante el invierno concibieron más tarde y tuvieron menor porcentaje de preñez que las que se suplementaron con niveles más altos.

Bolton *et al.* (1987) compararon vaquillonas con distintas proporciones de Brahman nacidas en primavera y en otoño, y encontraron que existió una interacción entre la época de nacimiento (a través del plano nutricional) y la proporción de Brahman en el porcentaje de vaquillonas en celo al comienzo del servicio (410 días de edad). Dentro de las nacidas en primavera, un 69, 64 y 50% de las vaquillonas 0, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman se encontraban en celo al inicio del servicio (410 días de edad), respectivamente. En contraste, dentro de las nacidas en otoño, un 79, 32 y 18% de las 0, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman se encontraban ciclando al mismo momento. La menor diferencia entre los biotipos en las vaquillonas nacidas en primavera se reflejó en el porcentaje de preñez, que fue del orden del 90% y no difirió entre biotipos, mientras que dentro de las nacidas en otoño fue del 63, 38 y 14% para las 0, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman, respectivamente. Los autores atribuyen la baja performance reproductiva de las vaquillonas nacidas en

otoño a la menor tasa de crecimiento (evidenciada en los 66 kg menos al servicio) y la menor tasa de desarrollo (evidenciada en la menor proporción de vaquillonas ciclando al comienzo del servicio), en relación a las nacidas en primavera. Esta diferencia entre estaciones los autores la atribuyen exclusivamente al plano nutricional diferente que tuvieron las vaquillonas fundamentalmente en el período pre-destete. Posiblemente la estación también haya afectado mediante el fotoperíodo, pero los autores no mencionan nada al respecto.

La importancia de que las vaquillonas lleguen ciclando al inicio del servicio fue demostrada por Byerley *et al.* (1987). Los autores encontraron en vaquillonas de igual peso y edad a la pubertad, que las que fueron servidas en su tercer celo tuvieron un menor porcentaje de preñez que las que se sirvieron en su celo puberal (57 Vs. 78%). Los autores también encontraron que un 43% de las vaquillonas servidas en su primer celo no presentaron cuerpo lúteo, por lo que ninguna logró concebir. En el grupo servido en su tercer celo, solo un 22% presentó celo silente. Los autores la atribuyen esta diferencia en el porcentaje de preñez entre ambos grupos a una diferencia en mortandad embrionaria en los primeros 15 días, ya que los aumentos en la concentración de progesterona que ocurrieron en ambos grupos entre los 6 y los 12 días, en asociación con cuerpos lúteos palpables, indica que la tasa ovulatoria no fue un motivo para esta diferencia.

El hecho de alcanzar antes la pubertad y concebir antes, tiene otros beneficios que se prolongan en el tiempo más allá del primer servicio. Ferrell (1982) encontró que las vaquillonas de los planos nutritivos medio (0.60 kg/d) y alto (0.80 kg/d), alcanzaron la pubertad a una menor edad que las del plano bajo (0.40 kg/d). Las vaquillonas del plano medio, además, tuvieron mayor producción de leche que las de los planos alto y bajo. Esto resultó en que las alimentadas para tener ganancias moderadas post-destete (plano medio) concibieran más temprano que las del plano bajo y tuvieran terneros más pesados que las del plano alto, y por lo tanto fueran las que más kilogramos de ternero destetaron por vaquillona servida. De forma similar, Lemenager *et al.* (1980) encontraron que aumentar la ganancia invernal de las vaquillonas por

encima de 0.52 kg/d tuvo efectos beneficiosos en la performance de la progenie, ya que producían terneros más pesados al destete. Los autores atribuyen esto a una probable mayor producción de leche en relación a las vaquillonas que ganaron menos peso durante el invierno. Estos resultados coinciden con los de Pinney *et al.* (1961), quienes reportaron menor producción de leche y peso al destete en las vaquillonas alimentadas para mantener peso frente a las que ganaron 0.23 kg/d y 0.45 kg/d durante el primer invierno post-destete.

Por su parte, Wiltbank *et al.* (1985) trabajando con cruza de varias razas, encontraron que un 63% de las vaquillonas que pesaron 318 kg (PO2) estaban ciclando al comienzo del servicio, contra un 33% de las que pesaron 272 kg (PO1). La tasa de concepción al primer servicio resultó un 17% mayor en el grupo PO2, y la concepción se dio en promedio 19 días antes que en el PO1, lo que redundó en un porcentaje de preñez sea cerca del 30% más alto hasta los 60 días, y un 16% más alto al finalizar el servicio en el grupo PO2. Al momento del destete las diferencias eran notorias, ya que si bien no existieron diferencias en la ganancia post-destete entre los terneros de ambos grupos, los del grupo PO2 alto nacieron 17 días antes en promedio que las PO1, lo que provocó que pesaran 14 kg más al destete. Tomando como indicador global los kilogramos de ternero destetado/vaquillona servida, las del grupo PO2 destetaron 43 kg más de ternero que las PO1, y además retomaron antes la actividad sexual, ya que un 70% del grupo PO2 se encontraba ciclando a 40 días de haber comenzado el segundo servicio, contra un 48% del grupo PO1. Esto ocasionó que la preñez sea 16% más alta al segundo servicio en el lote PO2. Los autores atribuyen esta diferencia a la fecha de concepción, ya que una mayor proporción de las vaquillonas que se preñaron en los primeros 60 días del primer servicio repitieron preñez en el segundo servicio en comparación con las que se preñaron después de los 60 días (84 Vs. 67%). Dentro del grupo PO2, no existieron diferencias entre los distintos pesos iniciales en cuanto al porcentaje de vaquillonas ciclando al comienzo del servicio, la concepción al primer servicio, ni el porcentaje de preñez. En el grupo PO1 en cambio, si bien no existieron diferencias entre pesadas y livianas en el porcentaje de vaquillonas ciclando al comienzo del servicio, ni en la tasa de concepción

al primer servicio, si existieron en el porcentaje de preñez, redondeando en un 21% más de preñez a favor de las de peso inicial alto.

4. Efecto del tipo de dieta

La edad y el peso a la pubertad pueden ser manipulados, independientemente de la ganancia de peso, a través de un cambio en la composición de la dieta. Es decir que los cambios en la dieta tienen un efecto directo, además de su efecto indirecto a través de la ganancia de peso. Existen ensayos en los que cambios en la dieta que disminuyeron la relación acético:propiónico en el rumen mediante la alimentación con concentrados o el uso de monensina (Moseley *et al.*, 1978, 1982; McCartor *et al.*, 1979) redujeron significativamente la edad a la pubertad.

McCartor *et al.* (1979) evaluaron el efecto cualitativo de tres dietas que produjeron iguales consumos de energía, ganancias diarias y evoluciones de peso y condición corporal en vaquillonas Brangus. Para esto los autores compararon una dieta con una relación heno:concentrado de 80:20 (T) con la misma dieta con el agregado de monensina (M), o con una dieta más concentrada (50:50). El uso de monensina aumentó la relación propiónico:acético y provocó que la pubertad se alcance 29 días antes y con 7 kg menos de peso en las vaquillonas de este tratamiento en relación al testigo. La dieta más concentrada, consumida en menor cantidad para aportar la misma cantidad de energía y para asegurar la misma ganancia diaria, provocó un cambio similar en los ácidos grasos volátiles y la misma reducción en la edad y peso a la pubertad. Estos resultados concuerdan con los de Rhodes *et al.* (1978), quienes encontraron que las vaquillonas alimentadas con una dieta en que una alta proporción de la energía y de la proteína se encontraban protegidas por lípidos, y por lo tanto no disponibles para los microorganismos del rumen para su fermentación, crecían más rápido y depositaban más grasa, pero alcanzaban más tarde la pubertad que las alimentadas con dietas que aportaban más carbohidratos a nivel del rumen. Lalman *et al.* (1993) encontró que las vaquillonas alimentadas con ración más 250 g/día de proteína sobrepasante alcanzaban la pubertad 10 días más tarde que las alimentadas

sólo con ración, y 17 más tarde que las alimentadas con ración más 200 mg/día de monensina. El porcentaje de preñez, sin embargo, no se vio afectado por los tratamientos.

Basset (1976; citado por McCartor *et al.*, 1979), en su revisión, deja claro el efecto del nivel de consumo y de la calidad de la dieta en el nivel de algunas hormonas, por lo que cambios en la cantidad de carbohidratos fermentables en rumen pueden cambiar la cantidad producida de ciertas hormonas. El trabajo de Gombe *et al.* (1973) indica que los niveles de energía en la dieta afectan ciertas variables endocrinas que controlan la reproducción. Chew *et al.* (1978) comprobó en vacas que la monensina altera la cantidad de progesterona y estrógeno circulante, y afecta la relación estrógeno:progesterona.

5. Efecto de la distribución estacional de la ganancia

Como se dijo antes, un aumento en la ganancia diaria post-destete provoca un adelanto en la pubertad y, en muchos casos, mejora la performance reproductiva. Pero el efecto de una misma ganancia puede variar según como ésta se distribuya en el tiempo. Es decir que no solo es importante el peso vivo con que las vaquillonas lleguen al momento del servicio, sino que también interesa la curva de crecimiento del animal, ya que esto determina diferencias en la llegada de la pubertad y en la eficiencia reproductiva.

Clanton *et al.* (1983) demostraron que la llegada de la pubertad no difirió entre vaquillonas siempre que, creciendo a distintas tasas con la misma dieta, alcanzaran el mismo peso al comienzo del servicio. En su trabajo, estudiaron el efecto del momento en que las vaquillonas ganen peso post-destete en la pubertad y en la eficiencia reproductiva. Los tratamientos consistieron en alimentar a las vaquillonas para que ganen 0.13 y 1.00 kg/d, 0.49 y 0.59 kg/d, y 0.91 y 0.22 kg/d durante la primera y segunda mitad de un período de 175 días, respectivamente, de forma de que el peso al inicio del servicio sea el mismo. No existieron diferencias entre los tratamientos en

edad a la pubertad, porcentaje de vaquillonas ciclando al inicio del servicio, porcentaje de preñez, ni en servicios por concepción. Esto coincide con lo encontrado por Bond y Wiltbank (1970), quienes tampoco encontraron diferencias en el ciclo estral ni en el porcentaje de preñez de vaquillonas que ganaron peso en forma constante frente a las que manifestaron crecimiento compensatorio. Clanton *et al.* (1983) concluyen en su trabajo que el objetivo central debería ser que las vaquillonas ganen determinada cantidad de peso entre el destete y el servicio, sin importar el momento en que se da esa ganancia, por lo que existe cierta flexibilidad en cuanto a las estrategias para desarrollar las vaquillonas, siempre que se logre el peso necesario al inicio del servicio. Cronjé (1990), por el contrario, indica que aunque el crecimiento compensatorio puede o no eliminar el efecto de una restricción invernal, la performance reproductiva se puede ver afectada en el caso de ganado de cría.

Marston *et al.* (1995) encontró que vaquillonas suplementadas sobre pasturas de baja calidad en el invierno para ganar 0.26 kg/d y que pasaban a una dieta energética altamente concentrada para ganar 0.80 kg/d durante los 60 días previos al servicio, llegaron 29 días antes a la pubertad y concibieron antes que las vaquillonas mantenidas siempre sobre pastura de baja calidad y suplementadas para ganar 0.55 kg/d durante todo el período. Los autores atribuyen estas diferencias a el cambio en la relación acético:propiónico en el rumen más que al aumento en la tasa de crecimiento, ya que el peso vivo y la condición corporal al inicio del servicio no se vieron afectados por el tratamiento. Cabe destacar que no existieron diferencias en el porcentaje de preñez entre ambos tratamientos. Al respecto, los autores concluyen que se puede lograr reducir la edad a la pubertad ofreciendo a los animales dietas energéticas altamente concentradas por un corto plazo, en comparación con la suplementación de vaquillonas pastoreando forrajes de baja calidad que logran ganancias moderadas durante todo el período.

Lynch *et al.* (1997), en un experimento similar, evaluaron el efecto del momento en que se daba la ganancia de peso en vaquillonas que alcanzaron similares pesos al inicio del servicio. Para esto utilizaron dos tratamientos: ganancias de peso cercanas al

mantenimiento (0.05 kg/d) durante el invierno (112 días) y que aumentaban a 1.32 kg/d en los 45 días previos al servicio Vs. una ganancia sostenida 0.51 kg/d durante todo el período. Los autores encontraron que en las vaquillonas que se retrasaba la ganancia de peso al último tercio del período post-destete – servicio, un 51% se encontraba en celo al comienzo del servicio, en comparación con el 83% de las que ganaban peso a una tasa constante durante todo el período. Esta diferencia se reducía paulatinamente, pero fue significativa hasta los 30 días de haberse iniciado el servicio. En promedio, las vaquillonas de crecimiento “retrasado” tardaron 21 días más en llegar a la pubertad. Sin embargo esto no ocasionó diferencias en el porcentaje de preñez, la fertilidad al primer servicio, ni en el número de servicio por concepción. Los autores concluyen que existe cierta flexibilidad en el momento en que las vaquillonas de reemplazo pueden ganar peso, y sugieren que sería posible manejarlas durante el invierno sobre forrajes de baja calidad o con residuos de cosecha, siempre que se cambie una de dieta de mayor calidad a medida que se acerca el servicio de forma de aprovechar la ganancias compensatorias y alcanzar el peso objetivo apropiado para asegurar un porcentaje de concepción óptimo.

Lemenager *et al.* (1980) sometieron a vaquillonas suplementadas con distintos niveles durante el invierno a un flushing durante los 60 días del servicio, y encontraron que, si bien las vaquillonas suplementadas durante dicho período ganaron más peso que las no suplementadas (0.66 Vs. 0.45 kg/d), no existió interacción con el nivel de suplementación invernal, y no se reflejó en mayores tasas de preñez ni en un adelanto en la fecha de concepción. A partir de estos resultados los autores concluyen que la ganancia de peso invernal es más importante que la que se pueda dar durante el período de servicio. Por su parte, Utter (1994; citado por Lynch *et al.*, 1997), demostró que un aumento en el plano nutritivo, o flushing, redujo el porcentaje de preñez en vaquillonas pesadas, mientras que las livianas respondieron favorablemente.

Verde *et al.* (1978) y Ridruejo *et al.* (1979), trabajando sobre el mismo ensayo, tampoco encontraron diferencias en el porcentaje de preñez de vaquillonas sometidas a una restricción nutricional en relación a las que ganaron peso en forma continua. En

este trabajo, un grupo de vaquillonas fue restringido para perder 89 g/día (G1) durante 105 días, mientras que otro tuvo una ganancia de 45 g/día en el mismo período (G2). Al final de la restricción (aproximadamente 15 meses de edad), la diferencia en peso entre estos grupos era de 18 kg. Durante el período siguiente, las vaquillonas que perdieron peso durante el invierno (G1) manifestaron crecimiento compensatorio, alcanzando el peso del grupo G2 al inicio del servicio. Estas diferencias en las tasas de crecimiento provocaron que el grupo G1 alcance la pubertad alrededor de 30 días después que el grupo G2, aunque con un peso similar (278 kg). Existió una tendencia a que las vaquillonas G2 tengan un mayor porcentaje de preñez que las del G1 (87.5 Vs. 78.2%), aunque esta diferencia no fue significativa.

6. Efecto de la estación del año

Aunque la especie bovina no es considerada como de reproducción estacional, muchos trabajos han reportado variaciones estacionales en algunos parámetros reproductivos del ganado de carne. Esta información existe tanto para *Bos indicus* (Randel, 1984) como para *Bos taurus* (Hauser, 1984). Anderson (1944, citado por Stahringer *et al*, 1990) fue el primero en describir las variaciones estacionales en el comportamiento reproductivo del ganado *Bos indicus* al notar que períodos de mayor heliofanía y temperatura se relacionaban con una mayor actividad sexual. Tomar (1966, citado por Stahringer *et al*, 1990) reportó que en vacas cebú existió mayor frecuencia de estros durante los meses de primavera-verano que en los meses de otoño-invierno, aunque las tasas de concepción fueron muy similares en ambas épocas. De forma similar, Rhodes III *et al*. (citado por Hafez, 1996) indican que en razas indicas la frecuencia de estro y ovulación, así como la tasa de concepción son mayores en verano que en invierno, y aunque es posible que la temperatura modifique el efecto estacional del fotoperíodo en el proceso reproductivo, la duración del día parece ser el principal estímulo para la estacionalidad de los parámetros reproductivos. Es así que Plasse *et al*. (1970) encontraron que el número de ciclos estrales anovulatorios fue significativamente mayor en verano que en invierno, pero que la tendencia se revertía para las ovulaciones silentes.

Las razas *Bos taurus* también exhiben variaciones estacionales en su actividad sexual. máscarenhas *et al.* (1986) describió períodos acíclicos a fines de verano y a fines de invierno-principios de primavera en vacas de una raza de origen portugués, y la duración de los ciclos fue significativamente mayor en diciembre (HN) cuando el fotoperíodo fue más corto. Gauthier y Thimonier (1968, citado por Stahringer *et al.*, 1990) encontraron que un mayor número de vacas exhibieron celo 90 días post-parto en diciembre en relación a junio, con similares condiciones de alimentación.

Las funciones ováricas también se ven modificadas por la estación. Plasse *et al.* (1968) encontraron que un menor porcentaje de vaquillonas Brahman desarrollaron cuerpo lúteo entre fines de otoño y fines de primavera en comparación con fines de verano. Rhodes *et al.* (1982) reportaron un mayor peso del cuerpo lúteo en verano que en invierno en vaquillonas Brahman y cruce Hereford x Holstein, mientras que las concentraciones de progesterona fueron más altas en verano que en invierno en las vaquillonas Brahman, pero no difirieron en las cruce Hereford x Holstein. El contenido total de progesterona en el cuerpo lúteo fue mayor en invierno que en verano en ambas razas. McNatty *et al.* (1984, citado por Stahringer *et al.*, 1990) encontraron que las vacas Angus tenían cuerpos lúteos más pesados que producían más progesterona durante el otoño-invierno que los cuerpos lúteos de los meses de primavera.

Stahringer *et al.* (1990) sugieren que el fotoperíodo corto tiene un efecto inhibitorio en la actividad sexual de las vaquillonas Brahman, comparable al que tienen otras especies de día largo como el caballo, y en contraposición al efecto estimulante que juega el fotoperíodo en especies de día corto como la oveja. Jöchle (1972, citado por Stahringer *et al.*, 1990) concluyó que el fotoperíodo largo actúa como un promotor de la fertilidad en ganado *Bos indicus* como un mecanismo de adaptación a los ambientes tropicales, con el fin de sincronizar las pariciones con la estación del año más favorable.

Rhodes (1980, citado por Stahringer *et al.*, 1990) encontró que alargar el largo del fotoperíodo hasta 14 horas disminuyó la ocurrencia de celos silentes durante el

otoño en vacas Brahman lactantes y secas. Los animales que se expusieron a un fotoperíodo más largo además tuvieron mayor porcentaje de preñez. Hansen y Hauser (1984) reportaron similares resultados para razas *Bos taurus*, cuando el intervalo parto-concepción de vacas de carne amamantando se vio reducido a través de un menor intervalo hasta el primer estro, un aumento en la fertilidad, o ambos.

Stahringer *et al.* (1990) encontraron que porcentaje de vaquillonas que estaba en anestro fue de 25, 50, 31 y 7% en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (HN), respectivamente, mientras que vaquillonas que mostraban estro pero sin la formación de un cuerpo lúteo funcional solo aparecían en los meses de transición de noviembre (50%) y febrero (18%). Los autores sugieren que en los meses transicionales los mecanismos inhibitorios del ciclo estral todavía no están completamente activados, por lo que la ocurrencia de estro sin la formación de un cuerpo lúteo normal representa un inhibición parcial. En el mismo trabajo, los autores encontraron que las vaquillonas que presentaron anestro en algún momento del experimento, presentaron menores concentraciones de progesterona en suero cuando ciclaron normalmente que las que ciclaron regularmente durante todo el ensayo. La incidencia de estros anormales tendió a estar negativamente correlacionada con la concentración media de progesterona en suero ($r = -0.76$). Los autores sugieren que los factores ambientales que inducen a que los ciclos estrales tengan características anormales, también tengan efectos negativos en las vaquillonas que pudieron mantener la normalidad en el ciclo estral. De esta forma las vaquillonas que están ciclando podrían ser menos susceptibles a la inhibición que ejerce el ambiente sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario.

En la EEA INTA de Mercedes, Sampedro (1993) estudió la actividad sexual a través de las estaciones del año de vaquillonas de las razas Brahman (B), Hereford (H) y las cruzas 5/8B – 3/8H (B_5H_3) y 5/16B – 11/16H (B_5H_{11}). Durante dos años, desde el destete hasta el primer servicio a los 27 meses de edad, se extrajo sangre dos veces por semana para determinar la concentración de progesterona plasmática. Los dosajes de progesterona, complementados con la detección de celo mediante toros

vasectomizados con arnés marcador, permitió determinar variación en la duración y en la frecuencia de los ciclos estrales de las vaquillonas. El 100 % de las vaquillonas B y B₅H₃ (63% de genes B) interrumpieron sus ciclos estrales por un período prolongado (118.6 y 113.4 días respectivamente), en tanto que solo el 14% de los animales B₅ H₁₁ (31% de genes B) mostró anestro y por un período sensiblemente menor (43.5 días). Las vaquillonas H en cambio, en ningún momento interrumpieron su actividad ovárica. Las vaquillonas B₅ H₁₁ que entraron en anestro lo hicieron en una fecha promedio situada en junio 22, en tanto que las B₅ H₃ y B lo hicieron hacia mayo 4 y 11, respectivamente. Similarmente, el reinicio de la actividad cíclica se produjo el 4 de agosto en B₅H₁₁, mientras que en B₅H₃ y B fue en 23 de agosto y 9 de septiembre, respectivamente.

Villa Gómez *et al.* (2000) realizaron dos experimentos para examinar la duración del ciclo estral, duración del estro, número de estros, la función lútea y la tasa de ovulación en 16 vaquillonas y 22 vacas Indobrasil (*Bos indicus*) suplementadas con energía. Los autores observaron que la duración del ciclo estral fue menor en otoño (19.9 días) que en las demás estaciones. La duración del estro fue más corta en verano (10.4 hs) y otoño (8.7 hs) que en primavera (14.3 hs). El número de estros fue menor en invierno que en las otras estaciones. En el experimento 2, el 100% de los animales óvulo en primavera e invierno. Todas las vacas presentaron estro en ambas estaciones; sin embargo el 60% de las vaquillonas presentó estro en invierno Vs. 100% en primavera. Los resultados indican que hubo una mayor asociación entre el fotoperíodo, la temperatura y la insolación con la presentación de estros, en las vaquillonas, a diferencia de las vacas. Los autores concluyen que es posible entonces que las vaquillonas sean más susceptibles que las vacas a las variables relacionadas con el sol, las cuales quizás modifiquen el umbral requerido por esteroides ováricos para actuar sobre ciertos substratos naturales encargados de producir los síntomas típicos del estro.

En el mismo trabajo, en hembras cebú se ha observado un menor porcentaje de concepciones durante el otoño en comparación con la primavera. Una de las causas de

esta baja fertilidad puede ser la disminución en la duración del estro. La reducción en la duración de los ciclos estrales durante el otoño, y considerando además que tal reducción antecedió a la presencia de celos silenciosos observados en las vaquillonas durante el invierno, es posible que una inadecuada secreción de progesterona en los días cercanos al estro o una alteración en el umbral de acción requerido por esta hormona, mediados por el clima, sean responsables de los resultados aquí obtenidos.

Stahringer *et al.* (1990) encontraron que el porcentaje de vaquillonas en anestro entre los meses de noviembre y marzo (HN) tuvo una alta correlación tanto con el largo del fotoperíodo ($r = -0.86$), así como con la temperatura máxima ($r = -0.91$) y mínima ($r = -0.95$). De esta forma, durante los meses de menor temperatura y menor largo del día, el porcentaje de vaquillonas en anestro fue del 50%. Esto coincide con los resultados de Plasse *et al.* (1970), quienes también encontraron una fuerte relación entre la temperatura mínima mensual y la frecuencia de estros de vaquillonas Brahman. En este sentido, Johnston (1963, citado por Stahringer *et al.*, 1990) señala el ganado *Bos indicus* es más afectado por las bajas temperaturas, ya que su rango de confort térmico se encuentra entre los 16 y los 27°C, es decir 7°C por encima del *Bos taurus*. Stahringer *et al.* (1990), por su parte, reportaron una disminución en la ocurrencia de cuerpos lúteos cuando la temperatura caía por debajo de 16°C.

F. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En base a observaciones anteriores en la EEA Mercedes y a la bibliografía se pueden formular algunas hipótesis de trabajo:

- A. El crecimiento compensatorio permite eliminar los efectos de una restricción invernal en el peso vivo de la vaquillona, pero no en su performance reproductiva.
- B. En el período invernal se encuentran las variables que mejor explican la fertilidad en el servicio a los 18 meses de edad.
- C. Existen diferencias entre biotipos en su performance reproductiva y en su respuesta a una restricción invernal.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Se trabajó con registros tomados entre 1990 y 1996, sobre un total 539 vaquillonas que pertenecían al rodeo de la Unidad Experimental de Cría Vacuna de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Mercedes, Corrientes, Argentina (Latitud 29° S, Longitud 58° W). Las vaquillonas formaron parte de 3 ensayos de suplementación invernal que tuvieron como objetivo evaluar técnicas para manipular la ganancia de peso durante el primer invierno posdestete para mejorar la performance reproductiva en el servicio de 18 meses de edad. La información registrada de cada vaquillona con que cuenta la base de datos se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Información registrada en la base de datos y denominación de cada variable.

Información registrada	Denominación
Fecha de nacimiento	Fnac
Fecha de destete	Fdest
Peso al destete	Pdest
Fecha de comienzo de la suplementación	Finv
Peso al comienzo de la suplementación	Pinv
Fecha de finalización de la suplementación	Fprim
Peso a la finalización de la suplementación	Pprim
Fecha de comienzo del entore	Fento
Peso al comienzo del entore	Pento
Palpación rectal para determinar preñez	Tacto

Las vaquillonas eran de la raza Hereford, Braford y cruza Hereford x Brahman originadas de un sistema de cruzamientos tipo criss-cross. Para el procesamiento de la información, se agrupó a los animales de acuerdo a su composición racial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de vaquillonas y porcentaje de genes Brahman (% B) por biotipo en la base de datos original y grupos formados para el procesamiento de la información.

Base de datos			Grupos para procesamiento		
Biotipo	% B	N	Denominación	N	
Hereford	0	88	Hereford	H	88
2/3 Hereford – 1/3 Brahman	33.3%	87			
11/16 Hereford – 5/16 Brahman	31.3%	117	2/3 Hereford	2/3H	248
5/8 Hereford – 3/8 Brahman	37.5%	44			
1/3 Hereford – 2/3 Brahman	66.6%	27	2/3 Brahman	2/3B	203
3/8 Hereford – 5/8 Brahman	62.5%	176			

B. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN

La Unidad de Cría de la EEA Mercedes se originó en 1975 con el objetivo de disponer de un sistema de producción donde se incorporen y evalúen técnicas que se estaban difundiendo en extensión, para evaluarlas con un enfoque sistémico.

1. Características del clima y la pastura

El clima de la región es subtropical húmedo sin estación seca. La temperatura media anual es de 19.8°C, con un promedio de 5 heladas por año y las precipitaciones son de 1454 mm, con una variabilidad del 19%. En el Anexo 1 se muestran las series históricas (1962-2001) de temperatura, precipitaciones y número de heladas. La pastura natural se encuentra en el área de Afloramientos Rocosos Mercedefíos, con paisaje de planicie suavemente ondulada con afloramientos rocosos y que tiene como suelos dominantes al orden de los Molisoles. El campo natural de la región es que está compuesto casi exclusivamente por especies de crecimiento estival, con menos del 1 % de especies de crecimiento invernal. El tipo de vegetación es un mosaico entre pajonales (*A. Lateralis*, *S. paniculatum*, *Paspalum* spp.) y pastos cortos (*P. notatum*, *S. Indicus*, *P. almun*). En el Anexo 2 se muestra la curva de producción promedio de 20 años de este tapiz, en el Anexo 3 se muestra su composición botánica promedio, y en

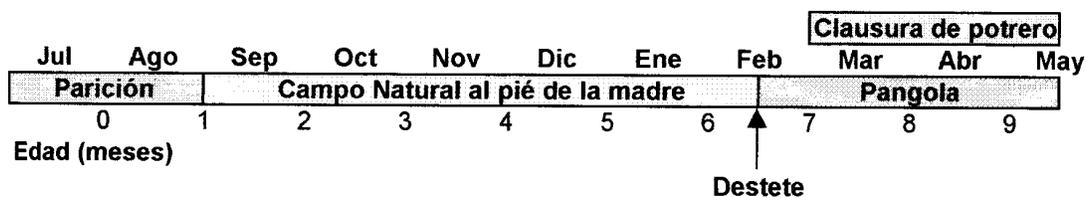
el Anexo 4 se muestra la curva anual de materia seca digestible (MSD) y proteína bruta (%PB) de las dos especies más representativas del campo natural (75% en peso de la producción).

2. Descripción general del manejo

Las vaquillonas nacieron entre el 15 julio y el 15 septiembre sobre campo natural, donde permanecieron hasta el destete a mediados de febrero, cuando promediaban 6 meses de edad y 180 - 190 kg de peso vivo. A partir de este momento las terneras pasaban a pastorear pasto pangola (*Digitaria decumbens*) diferido desde principios de diciembre a una carga de 2 a 3 animales por hectárea, durante aproximadamente 90 días, hasta que comenzaba la suplementación sobre campo natural diferido a mediados de mayo. En este momento la edad y el peso promedio era de 9 meses y 200 - 210 kg, respectivamente. En los casos que había material muerto excedente del verano, en las parcelas se realizaba una limpieza con rotativa o quema a fines de febrero, previo a su clausura por aproximadamente 60 - 75 días.

En la Figura 1 se muestra un esquema del manejo hasta el comienzo del período de suplementación.

Figura 1. Esquema del manejo general de las vaquillonas previo al período que generó la información.



Las vaquillonas se suplementaban diariamente en parcelas de campo natural diferido de 6 y 8 ha. Antes del ingreso de los animales, se medía disponibilidad de materia seca (MS) en las parcelas para determinar la carga según la oferta inicial (kgMS/animal) de cada tratamiento.

El período de suplementación se extendía promedialmente desde mediados de mayo a mediados de septiembre. A partir de esta fecha las vaquillonas permanecían en la misma parcela hasta el comienzo del entore, los primeros días de Febrero, cuando promediaban 18 meses de edad. El entore se realizaba en un único potrero a una carga de 1 a 2 cabezas/ha, dependiendo del año. En la Figura 2 se representa esquemáticamente el manejo durante el período desde el comienzo de la suplementación hasta el inicio del servicio.

Figura 2. Esquema general del manejo de las vaquillonas durante el período que generó la información.

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
CN + Suplemento				Campo Natural				Entore		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Edad (meses)										

Durante todo el período, las vaquillonas tenían acceso *ad libitum* a un suplemento mineral compuesto por ceniza de hueso y sal en una proporción de 2:1.

3. Ensayos que originaron la información

En el Cuadro 4 se resumen las características más importantes de los tres ensayos.

Antes de la entrada de los animales a la parcela se determinaba disponibilidad de materia seca por el método denominado Botanal (Tothill *et al.*, 1978) y se calculaba la carga para cada parcela en función de la asignación del tratamiento. Una vez establecida la carga, el pastoreo era continuo. Las vaquillonas se pesaban cada 28 días en la mañana en forma individual sin desbaste. En el mes de mayo se realizaba palpación rectal para determinar preñez.

En los Anexos 5 y 6 se detallan los períodos de inicio y finalización, la edad y el peso al destete y al comienzo del período de suplementación para cada ensayo.

Cuadro 4. Características generales de los ensayos que generaron la información.

Periodo	Biotipos	Oferta de forraje (kgMS/vaq)	Tratamientos	N
<u>Ensayo 1:</u>				
1990 – 1992	H 2/3H 2/3B	1000	1- Sin suplemento	75
		1000	2- 0.5 kg expeller de algodón	84
		1000	3- 1 kg expeller de algodón	73
		2500	4- Sin suplemento	24
		2500	5- 0.5 kg expeller de algodón	36
		2500	6- 1 kg expeller de algodón	29
<u>Ensayo 2:</u>				
1993 – 1994	2/3H	2500	1- Sin suplementar	23
	2/3B	2500	2- 1 kg de pellet de trigo	22
		2500	3- 2 kg de pellet de trigo	22
<u>Ensayo 3:</u>				
1995 – 1996	H 2/3H 2/3B	2500	1- Sin suplementar	28
		2500	2- 1.5 kg afrecho de arroz	22
		2500	3- (2) + 30 g urea	34
		2500	4- (2) + 320 g exp. girasol	32
		2500	5- (2) + 90 g h. de plumas	35

H = Hereford 2/3H = 2/3 Hereford 2/3B = 2/3 Brahman

C. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A partir de los registros de la base de datos, se generaron las siguientes variables:

- Ganancia diaria de peso invernal (durante el período de suplementación):

$$\text{GDI (kg/día)} = \frac{P_{\text{prim}} - P_{\text{inv}}}{F_{\text{prim}} - F_{\text{inv}}}$$

- Ganancia diaria de peso primavero-estival (entre el fin de la suplementación y el comienzo del entore):

$$\text{GDE (kg/día)} = \frac{P_{\text{ento}} - P_{\text{prim}}}{F_{\text{ento}} - F_{\text{prim}}}$$

- Ganancia diaria de peso total (entre el comienzo de la suplementación y el comienzo del entore):

$$\text{GDT (kg/día)} = \frac{\text{Pento} - \text{Pinv}}{\text{Fento} - \text{Finv}}$$

Estas variables, y las registradas en la base de datos, se utilizaron para evaluar como afectaron cada una de ellas la fertilidad de las vaquillonas. Para esto se trabajó separando el universo de datos de cada biotipo en grupos y comparando los promedios de todas las variables de estos grupos. Se realizaron tres tipos de comparaciones:

- Entre biotipos
- Entre el grupo de vaquillonas vacías al tacto y el grupo preñadas al tacto en cada biotipo.
- Entre los grupos de vaquillonas formados en base a la ganancia diaria invernal y la ganancia diaria primavera-estival. Para esto se dividió el universo de observaciones de cada biotipo por sus medias de ganancia diaria invernal y ganancia diaria estival.

1. Comparaciones entre grupos de observaciones

Para establecer las diferencias significativas de las variables continuas entre los grupos de vaquillonas se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del SAS V8 (SAS Institute, 1999) y se compararon las medias de mínimos cuadrados mediante el test de Tukey-Kramer. El modelo estadístico utilizado fue:

$$y_i = \mu + V_i + E$$

Donde =

y_i = peso vivo, ganancia diaria o edad de entore de la i -ésima observación.

μ = media general de la población.

V_i = efecto de la i -ésimo biotipo, del i -ésimo cuadrante o del i -ésimo resultado del tacto.

E = error experimental.

En todos los casos se supuso que el efecto año se manifestó a través de la variable (ganancia diaria ó peso vivo), por lo que no se incluyó en el modelo.

La probabilidad de preñez (PP) de los grupos de vaquillonas se calculó utilizando el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS versión 8 (Sas Institute, 1999), mediante el siguiente modelo estadístico:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

Donde:

$g(\mu_i)$ = transformación Logit que vincula al modelo aditivo con la media poblacional (probabilidad de preñez: μ_i) para cada nivel de X_i .

β_0, β_1 = constantes.

X_i = variable independiente (Pinv, Pprim, Pento, GDI, GDE, GDT).

Se asumió que el número de vacas preñadas en relación al número de vacas evaluadas, tiene distribución binomial.

La probabilidad de preñez (PP) de un grupo de observaciones se estimó con la función inversa de la transformación Logit, de la siguiente forma:

$$PP = \frac{e^{(b_0 + b_1 x)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 x)}}$$

Donde:

PP = probabilidad de preñez estimada de un animal.

b_0, b_1 = estimadores del intercepto y coeficiente de regresión.

x = variable independiente (Pinv, Pprim, Pento, GDI, GDE, GDT).

2. Modelos de predicción de preñez

Utilizando todos los datos, se generaron modelos que permitan estimar la probabilidad de preñez de los distintos biotipos. Para esto se utilizaron las siguientes variables independientes en forma simple y combinadas:

- Pinv: peso a mediados de mayo, en kg.
- Pprim: peso a mediados de septiembre, en kg.
- Pento: peso de entore, en kg.
- GDI: ganancia diaria invernal, en kg/día.
- GDE: ganancia diaria primavera-estival, en kg/día.
- GDT : ganancia diaria total, en kg/día.

La probabilidad de preñez (PP) de una observación se calculó mediante el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS versión 8 (Sas Institute, 1999), de forma similar a lo expuesto anteriormente.

La probabilidad de preñez (PP) (una vaquillona) a partir de una sola variable independiente se estimó con la siguiente ecuación:

$$PP = \frac{e^{(b_0+b_1x)}}{1 + e^{(b_0+b_1x)}}$$

Donde:

PP = probabilidad de preñez estimada de un animal.

b_0 , b_1 = son los estimadores del intercepto y coeficiente de regresión.

x = variable independiente.

Los modelos que consideran más de una variable independiente en forma conjunta son ecuaciones del tipo:

$$PP = \frac{e^{(b_0+b_1x+b_2x_2)}}{1 + e^{(b_0+b_1x+b_2x_2)}}$$

Donde:

PP = probabilidad de preñez estimada de un animal.

b_0 , b_1 , b_2 = son los estimadores de intercepto y coeficientes de regresión.

x_1 , x_2 = variables independientes.

La significancia de los diferentes componentes de los modelos, se calculó a través del test de Chi Cuadrado. Para seleccionar los modelo que mejor se ajustaron a los datos se tomó en cuenta su simplicidad practica y el valor del cociente de máxima verosimilitud alcanzado (a mayor valor, mejor ajuste relativo del modelo).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. RESULTADOS DE PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

1. Diferencias entre biotipos

En el Cuadro 5 se muestran los valores promedio de las variables estudiadas para cada biotipo.

Cuadro 5. Promedio, desvío estándar, máximo y mínimo para las variables de peso vivo, ganancia diaria y edad de entore según biotipo.

Variable	Nombre	N	Unidad	Media	+/-	Desvío	Mínimo	Máximo
2/3 Brahman								
<i>Peso inicial</i>	Pinv	203	Kg	201	+/-	24.9	140	260
<i>Peso primavera</i>	Pprim	203	Kg	230	+/-	30.2	160	300
<i>Peso inicio entore</i>	Pento	202	Kg	313	+/-	28.8	250	385
<i>Edad inicio entore</i>	Edad	202	Días	552	+/-	36.8	475	669
<i>Ganancia invernal</i>	GDI	203	kg/día	0.250	+/-	0.174	-0.133	0.932
<i>Ganancia estival</i>	GDE	202	kg/día	0.572	+/-	0.115	0.048	0.805
<i>Ganancia total</i>	GDT	202	kg/día	0.427	+/-	0.079	0.208	0.772
2/3 Hereford								
<i>Peso inicial</i>	Pinv	248	Kg	214	+/-	27.6	130	280
<i>Peso primavera</i>	Pprim	248	Kg	243	+/-	32.4	165	330
<i>Peso inicio entore</i>	Pento	248	Kg	317	+/-	29.4	240	420
<i>Edad inicio entore</i>	Edad	248	Días	547	+/-	28.6	469	667
<i>Ganancia invernal</i>	GDI	248	kg/día	0.239	+/-	0.185	-0.442	0.220
<i>Ganancia estival</i>	GDE	248	kg/día	0.526	+/-	0.145	0.190	1.078
<i>Ganancia total</i>	GDT	248	kg/día	0.398	+/-	0.087	0.193	0.630
Hereford								
<i>Peso inicial</i>	Pinv	88	Kg	199	+/-	21.2	150	260
<i>Peso primavera</i>	Pprim	88	Kg	229	+/-	31.3	155	315
<i>Peso inicio entore</i>	Pento	88	Kg	299	+/-	27.9	240	375
<i>Edad inicio entore</i>	Edad	88	Días	566	+/-	29.0	483	669
<i>Ganancia invernal</i>	GDI	88	kg/día	0.247	+/-	0.196	-0.169	0.636
<i>Ganancia estival</i>	GDE	88	kg/día	0.474	+/-	0.142	0.146	0.876
<i>Ganancia total</i>	GDT	88	kg/día	0.373	+/-	0.085	0.207	0.637

El coeficiente de variación de los parámetros analizados fue siempre inferior al 30%, a excepción de la ganancia diaria invernal (GDI) que tuvo una variabilidad mayor al 70% producto de la aplicación de los distintos niveles de oferta y de suplemento en los ensayos que originaron la información.

Existieron diferencias entre biotipos en algunas de las variables analizadas. Las vaquillonas Hereford (H) fueron 14 ($P<0.0036$) y 19 ($P<0.0001$) días más viejas que las 2/3 Brahman (2/3B) y 2/3 Hereford (2/3H), respectivamente. El biotipo 2/3H, por su parte, fue el de mayor peso inicial (Pinv), con 14 ($P<0.0001$) y 15 ($P<0.0001$) kg más que 2/3B y H, respectivamente. No existieron diferencias entre biotipos en la GDI, por lo que la diferencia inicial en el peso vivo se mantuvo hasta el fin del período invernal, cuando las vaquillonas 2/3H fueron 13 ($P<0.0014$) y 14 ($P<0.0001$) kg más pesadas que los biotipos 2/3B y H, respectivamente. Durante el período primavero-estival, el biotipo 2/3B creció a una tasa diaria 46 g mayor que el 2/3H ($P<0.0010$), lo que le permitió igualar el peso de este biotipo al inicio del entore. Las vaquillonas H, en cambio, tuvieron una ganancia diaria estival (GDE) inferior que la de 2/3B y 2/3H en 98 ($P<0.0001$) y 52 ($P<0.0010$) g/día, por lo que la diferencia en peso al inicio del servicio con estos biotipos fue de 14 ($P<0.0012$) y 18 kg ($P<0.0001$), respectivamente.

Debido a que no existieron diferencias entre biotipos en la GDI, las diferencias en la ganancia diaria de todo el período (GDT) fueron producto de lo que ocurrió en el período estival. El biotipo 2/3B tuvo una GDT 29 g/día superior ($P<0.0003$) que 2/3H, y éste a su vez ganó 25 g/día más que H ($P<0.0423$). La diferencia entre 2/3B y H fue de 54 g/día ($P<0.0001$).

Como se desprende de lo anterior, existieron diferencias entre biotipos en el Pinv y en la GDE. El alto Pinv que logró el biotipo 2/3H se podría atribuir a dos factores. Por un lado, muchas de estas vaquillonas provenían de un sistema de cruzamiento alternado (criss – cross) Hereford – Brahman, por lo que estarían reflejando la mayor habilidad materna de las vacas 2/3B, a través de un mayor peso al destete. Y en segundo lugar, este biotipo tuvo una mayor ganancia diaria entre el

destete y el inicio de los ensayos que originaron los datos. Los motivos de esto no están bien establecidos y escapan a los objetivos de este trabajo.

La otra gran diferencia entre biotipos fue la GDE, lo que refleja la diferente adaptabilidad al ambiente de las distintas razas y cruza. El clima de la región donde se originó la información es subtropical húmedo sin estación seca. La temperatura media invernal (mediados de mayo a mediados de septiembre) registrada en la EEA INTA Mercedes en los años en los que se originó la información fue de 14.8°C, y las precipitaciones promedio en el mismo período fueron de 284 mm. En el período primavera - estival (mediados de septiembre – mediados de febrero), cuando se registraron las diferencias entre biotipos en la tasa de crecimiento, la temperatura media fue de 22.8°C, mientras que las precipitaciones promedio fueron de 667 mm. Las diferencias en la tasa de crecimiento están relacionadas en parte con el rango de confort térmico de cada biotipo, que según Johnston (citado por Plasse *et al.*, 1968), se encuentra entre los 16 y los 27°C para las razas *Bos indicus*, mientras que Mc Dowell (1970) indica que es entre los 10 y 27 °C para las razas índicas, y entre -1 y 16 °C para las europeas. Si se comparan estos valores con los promedios mencionados de cada período, surge que la temperatura invernal se encontró dentro del rango de confort de ambas especies, mientras que en el período estival la raza H habría tenido cierta demanda de energía para regular su temperatura corporal.

En este sentido, existen algunos trabajos que comparan el crecimiento de *Bos taurus* y *Bos indicus* en climas contrastantes. Ragsdale *et al.* (citado por Gregory *et al.*, 1979) reportaron que las vaquillonas Shorthorn crecían a una tasa muy pobre con un temperatura de 27°C y que ésta mejoró considerablemente cuando la temperatura era de 10°C, mientras que las vaquillonas Brahman crecieron en ambos casos a tasas normales, y a 27°C la ganancia diaria fue mayor que a 10°C. Por su parte, Rollins *et al.* (1964) observaron que los terneros $\frac{3}{4}$ Hereford – $\frac{1}{4}$ Brahman crecieron a mayor velocidad tanto en confinamiento como en pasturas durante los meses de verano, pero esto se revertía en el caso del feedlot durante el otoño e invierno.

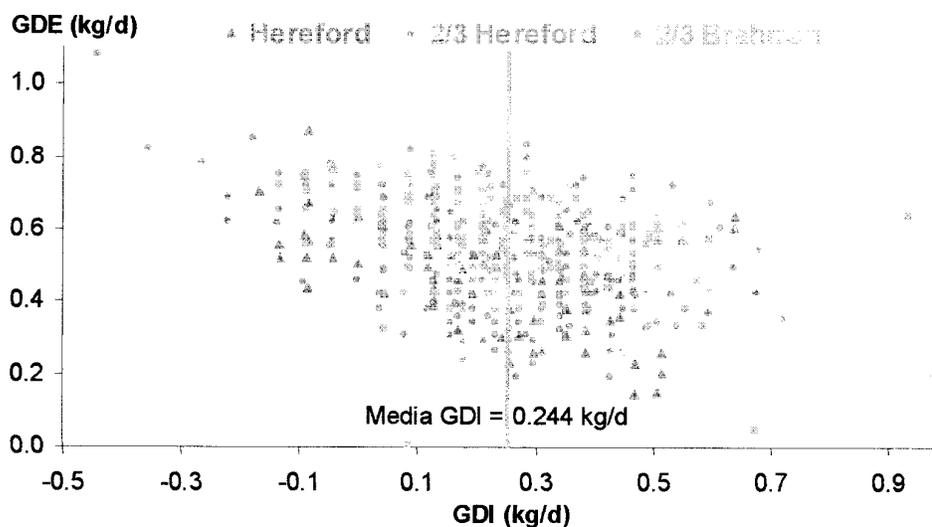
Además del efecto directo del clima, durante el período primavero estival también se registra un efecto indirecto, que se expresa en altas tasas de crecimiento de la pastura natural (ver Anexo 2), acompañadas por un incremento en los valores de proteína bruta y materia seca digestible, que pasan de 4 - 4.5% y 45 - 50% durante los meses de junio y julio, a 7 - 8% y 55 - 60% en los meses de octubre y noviembre, respectivamente (ver Anexo 4). Este aumento en el plano nutricional, sumado al efecto de la temperatura discutido más arriba, les permitió a las cruza Brahman expresar su mayor potencial de crecimiento. A una conclusión similar arribaron Bolton *et al.* (1987) quienes encontraron que a medida que aumentaba la proporción de Brahman aumentaba la tasa de crecimiento desde el nacimiento hasta el servicio en vaquillonas de reposición. Los autores sugieren que la mayor tasa de crecimiento de las cruza Brahman frente a las razas británicas se debe a que el alto plano nutricional que se dio en las pasturas durante el verano les permitió expresar su mayor potencial genético para crecimiento en relación a éstas. Kennedy y Chirchir (1971) encontraron que las vaquillonas cruza Brahman tuvieron mayor tasa de crecimiento que las cruza entre razas británicas durante los meses de primavera y verano con altas temperaturas y precipitaciones, mientras que en el período invernal no existieron diferencias.

La tasa de crecimiento relativa de las razas, por lo tanto, va a depender de la presencia o ausencia de stress ambiental por parásitos, calor, enfermedades y fluctuaciones nutricionales, lo que afecta en forma diferente al consumo y la ganancia de peso de cada biotipo (Frisch, 1976), y generalmente las razas *Bos taurus* se van a ver favorecidas por sobre las *Bos indicus* en áreas templadas sin stress (Rogerson *et al.*, 1968; Ledger *et al.*, 1970; Deland *et al.*, 1974; Harbers *et al.*, Baker *et al.*, Warnik *et al.*, Morgan *et al.*, citados por Frisch y Vercoe, 1977). Estas diferencias en crecimiento entre las razas bajo condiciones muy variables de disponibilidad de alimento, reflejan diferencias en el consumo voluntario o en la eficiencia en la utilización de los alimentos y se deben a los caracteres adaptativos que tiene cada raza al ambiente climático y/o alimenticio (Frisch y Vercoe, 1969; Frisch, 1976; Frisch y Vercoe, 1977; Gregory *et al.*, 1979).

2. Incidencia del crecimiento compensatorio

La variación en la GDE no respondió solamente al biotipo, sino que también estuvo relacionada a lo que ocurrió con la GDI. Si bien las correlaciones de -0.38, -0.43 y -0.47 para 2/3B, 2/3H y H, respectivamente, parecen indicar una relación no muy estrecha entre la ganancia invernal y la estival, estas variables estuvieron muy asociadas, determinando una fuerte incidencia del crecimiento compensatorio. Si se dividen los datos por la media de GDI en dos grupos, como se muestra en la Figura 3, se observa que la correlación entre las variables es más alta a bajos valores de GDI, y es menor cuando se toman las observaciones que se encuentran por encima del promedio de GDI. En el Cuadro 6 se muestra la correlación entre GDI y GDE por encima y por debajo de la media de GDI.

Figura 3. Relación entre la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE).



Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE) para el total de las observaciones, y para las observaciones que se encuentran por encima y por debajo del promedio general de GDI, según biotipo.

Biotipo	Todas las observaciones		Observaciones separadas por GDI			
			GDI < 0.244 kg/d		GDI > 0.244 kg/d	
2/3 Brahman	-0.38	***	-0.34	***	-0.20	*
2/3 Hereford	-0.43	***	-0.58	***	-0.05	ns
Hereford	-0.47	***	-0.47	**	0.13	ns

*** = $P < 0.001$ ** = $P < 0.01$ * = $P < 0.05$ ns = $P > 0.05$

Tomando en cuenta esta relación, se construyeron ecuaciones de regresión entre GDI y GDE para los valores que se encontraban por encima y por debajo de 250 g/día de GDI. Este valor es arbitrario y se tomó por ser muy similar a la media de GDI. Las ecuaciones se muestran en el Cuadro 7, y en forma gráfica en la Figura 4.

Cuadro 7. Ecuación de regresión de ganancia diaria estival (GDE) en función de la ganancia diaria invernal (GDI) según biotipo.

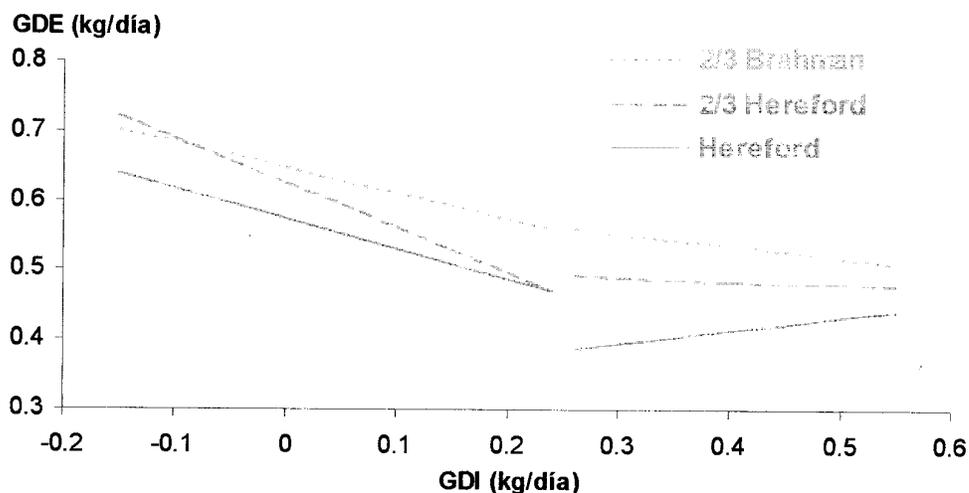
Biotipo	GDI < 250 g/día			GDI > 250 g/día		
	Ecuación GDE = $b_0 - b_1$ GDI	P > t		Ecuación GDE = $b_0 + b_1$ GDI	P > t	
		b_0	b_1		b_0	b_1
2/3B	GDE = 0.648 - 0.368 GDI	***	**	GDE = 0.607 - 0.178 GDI	***	ns
2/3H	GDE = 0.627 - 0.648 GDI	***	***	GDE = 0.503 - 0.044 GDI	***	ns
H	GDE = 0.575 - 0.433 GDI	***	**	GDE = 0.338 + 0.187 GDI	***	ns

2/3B = 2/3 Brahman 2/3H = 2/3 Hereford H = Hereford
 *** = $P < 0.001$ ** = $P < 0.01$ * = $P < 0.05$ ns = $P > 0.05$

Este análisis remarca dos puntos importantes. Primero, la gran incidencia que tuvo el crecimiento compensatorio en estos datos. Y en segundo lugar, que la GDE depende de lo ocurrido en la GDI solamente cuando existe cierta restricción durante el período invernal. Además, si se compara el comportamiento de cada biotipo, resalta nuevamente el menor potencial de crecimiento estival de la raza Hereford, lo que se refleja en el menor intercepto de las curvas de regresión. Si se observan los interceptos

de las ecuaciones para una GDI inferior a 250 g/día surge que, frente a una situación de mantenimiento de peso ($GDI = 0$ g/día), las vaquillonas H van a ganar 73 ($P < 0.0068$) y 52 ($P < 0.0297$) gramos diarios menos durante el período primavera-estival en relación a los biotipos 2/3B y 2/3H, respectivamente. El orden de los biotipos no cambia cuando se consideran los interceptos de las ecuaciones para las observaciones que se encuentran por encima de 250 g/día de GDI, pero si cambia la magnitud de las diferencias. En este caso, a una misma GDI las vaquillonas H van a ganar 269 ($P < 0.0041$) y 165 ($P < 0.0783$) g/día menos que las 2/3B y 2/3H, respectivamente, mientras que las 2/3H van a ganar 104 g/día ($P < 0.0983$) menos que las 2/3B. De esto surge que el crecimiento compensatorio elimina parte de las diferencias en la tasa de crecimiento estival, ya que la brecha en la GDE entre biotipos es mucho mayor cuando se consideran altos valores de GDI.

Figura 4. Rectas de regresión que relacionan ganancia diaria estival (GDE) en función de la ganancia diaria invernal (GDI) según biotipo.



Las pendientes de las rectas de regresión solamente fueron significativas a bajos valores de GDI (< 250 g/día) donde por cada 100 g/día que aumenta la severidad de la restricción invernal, o que disminuye la GDI, la tasa de crecimiento primavera-estival aumenta entre 37 y 65 gramos diarios, según el biotipo. Las vaquillonas 2/3H

son las que muestran mayor respuesta compensatoria, aunque solamente se diferenciaron en forma significativa de las 2/3B ($P < 0.0451$). Es decir que con valores de GDI cercanos a 250 g/día la GDE de 2/3H sería similar a la de H, mientras que con pérdidas de peso invernales se comportaría como el biotipo 2/3B durante el período primavera-estival. En el otro extremo, el biotipo 2/3B aparece como el más estable en su GDE frente a cambios en la GDI, aunque la pendiente de la recta no difiere significativamente de la de H.

Por lo discutido hasta aquí, se puede considerar a 250 g/día como un valor de tasa de crecimiento invernal "umbral" por debajo del cual existe crecimiento compensatorio, y por encima del cual la tasa de crecimiento estival no estaría relacionada con lo ocurrido durante el invierno. Esto coincide con Elliot; Winchester y Ellis, y Brookes y Hodges (citados por Verde *et al.*, 1974), quienes establecen que a fin de obtener crecimiento compensatorio máximo la ganancia invernal no debe exceder 250 g/día. En tal sentido, Verde *et al.* (1974) luego de varios años de investigación en el tema en la Argentina (INTA Balcarce) observaron que, si bien se ha detectado crecimiento compensatorio tanto en animales que ganaron 350 g/día como en animales con pérdidas de hasta 200 g/día, se considera que con intensidades de restricción de entre 100 y 200 g/día es el rango donde hay más certeza que se va a manifestar la correlación negativa que existe entre la ganancia de peso durante la restricción y durante la realimentación. Los autores también concluyeron que cuando la ganancia invernal es superior a los 400 g/día no se observa crecimiento compensatorio. Lemenager *et al.* (1980) encontraron que vaquillonas que ganaron 0.03, 0.22 y 0.35 kg/d durante la suplementación invernal, invirtieron el orden cuando pasaron a pastura en los meses de verano, ganando 0.78, 0.68 y 0.60 kg/d, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por Joubert (1954), Zimmerman *et al.* (1957) y Short y Bellows (1971), quienes encontraron que las vaquillonas que no habían sido suplementadas durante el invierno exhibieron ganancias compensatorias durante el período estival sobre pasturas.

B. RESULTADOS DE FERTILIDAD

1. Evolución de peso de las vaquillonas vacías y preñadas

En el Cuadro 8 se presenta la información del tacto con los promedios de pesos y ganancias diarias de las vaquillonas vacías y preñadas.

Cuadro 8. Promedios de pesos vivos y ganancias diarias de peso para las vaquillonas vacías (V) y preñadas (P) según biotipo.

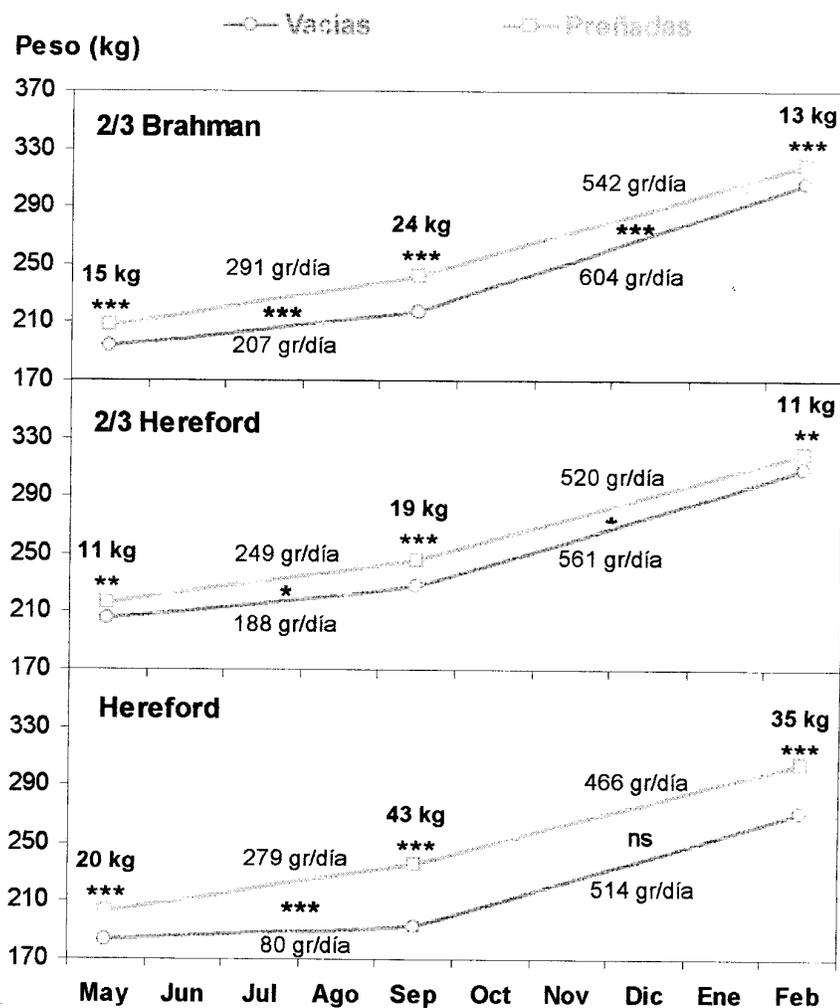
Variable	2/3 Brahman		2/3 Hereford		Hereford		
	V	P	V	P	V	P	
Número	99	104	40	208	14	74	
Peso inicial	Kg	193	208 ***	205	216 **	183	203 ***
Peso primavera	Kg	218	242 ***	227	246 ***	193	236 ***
Peso inicio entore	Kg	306	319 ***	308	319 **	270	305 ***
Ganancia invernal	Kg/día	0.207	0.291 ***	0.188	0.249 *	0.080	0.279 ***
Ganancia estival	Kg/día	0.604	0.542 ***	0.561	0.520 *	0.514	0.466
Ganancia total	Kg/día	0.429	0.429	0.396	0.398	0.328	0.381 **
Edad inicio entore	días	547	557 *	539	548 *	558	567
Preñez general		51.2%		83.9%		84.1%	

*** = P < 0.01 ** = P < 0.05 * = P < 0.1

En la Figura 5 se muestra en forma gráfica la evolución de peso de las vaquillonas preñadas (P) y vacías (V) de los distintos biotipos. En los tres biotipos las vaquillonas V tuvieron menor P_{inv} , menor GDI, y como resultado menor peso de primavera (P_{prim}) que las P. Durante el periodo primavero-estival, el crecimiento compensatorio hizo que las vaquillonas V logren mayores GDE. Nuevamente aparecen diferencias entre biotipos en este punto. En el caso de los biotipos cruza (2/3H y 2/3B), esta mayor tasa de crecimiento estival les permitió a las vaquillonas V obtener la misma GDT que las vaquillonas P, es decir que recuperaron por completo la diferencia en kilos que existía al fin del invierno. Sin embargo, esta compensación no les permitió a las vaquillonas V alcanzar el mismo peso por edad que las P, y por lo tanto al

momento del entore se mantenía la misma diferencia de peso que existía al inicio del invierno.

Figura 5. Comparación de la evolución de peso de las vaquillonas que resultaron vacías (V) y preñadas (P) al tacto según biotipo.



20 kg = diferencia entre el peso de V y P.

279 gr/día = ganancia diaria.

*** = significancia de la diferencia en peso o en ganancia diaria.

(*** = Pr<0.01, ** = Pr<0.05, * = Pr<0.1)

En el caso de Hereford la respuesta fue distinta. Existió una leve tendencia a que las vaquillonas V logaran mayores tasas de crecimiento que las P durante el período estival, lo que no se puede atribuir al aumento en la GDE de las vaquillonas V, si no a la baja GDE alcanzada por las P, que fue 76 ($P < 0.0025$) y 54 g/día ($P < 0.0350$) inferior que en 2/3B P y 2/3H P, respectivamente. Esta leve tendencia a crecimiento compensatorio ayudó a reducir la diferencia de peso que existía entre las vaquillonas V y P en la raza H, que pasó de 43 kg al fin del invierno ($P < 0.0001$) a 35 kg al inicio del entore ($P < 0.0001$).

Si bien la menor capacidad de compensar mostrada por las vaquillonas H V se debe al menor potencial de crecimiento estival (como se analizó más arriba), también incidió en gran medida que la brecha de GDI entre los grupos V y P en este biotipo (199 g/día) fue sustancialmente mayor que en las vaquillonas 2/3B (84 g/día) y 2/3H (61 g/día), lo que limita la posibilidad de que se alcance una GDT similar mediante el crecimiento compensatorio. La menor GDI de las vaquillonas V H en relación a los otros biotipos indica que, con los pesos iniciales que se manejan, este biotipo tiene bajas exigencias de ganancia invernal para que las vaquillonas logren concebir.

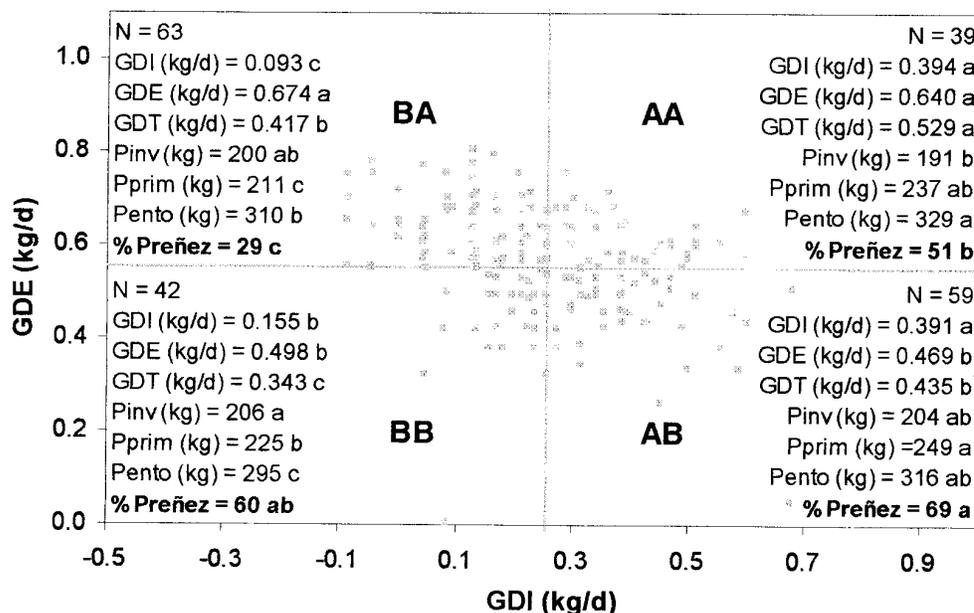
En los biotipos cruza se registró una diferencia de edad entre V y P, que fue de 10 días en las vaquillonas 2/3B ($P < 0.0504$) y de 9 días en las 2/3H ($P < 0.0869$). En H la diferencia en edad fue similar (9 días), pero no alcanzó significancia ($P < 0.2818$), probablemente como consecuencia del menor número de observaciones.

Estos resultados remarcan la importancia de dos factores como determinantes de la performance reproductiva: el peso inicial y la ganancia invernal, ya que el efecto de la edad seguramente se manifestó a través del peso vivo. A partir de esta comparación no es posible asignarle un peso relativo a uno u otro factor, ya que varían en forma conjunta.

2. Efecto de la distribución estacional de la ganancia

Como se analizó más arriba, el crecimiento compensatorio hace que existan varias formas de alcanzar una determinada GDT, pero con distintas contribuciones de GDI y GDE. Es decir que si dos vaquillonas parten de un mismo peso inicial, el crecimiento compensatorio podría hacer que lleguen al mismo peso de entore pero con ganancias invernales y estivales muy distintas. En las Figuras 6 a 8 se grafica GDE Vs. GDI y se presentan los promedios de los grupos de vaquillonas que se encuentran en cada uno de los cuadrantes resultantes de separar el universo de observaciones de cada biotipo por las medias de GDI y GDE. En los Anexos 7 a 9 se muestran otros parámetros estadísticos de los cuadrantes para cada biotipo.

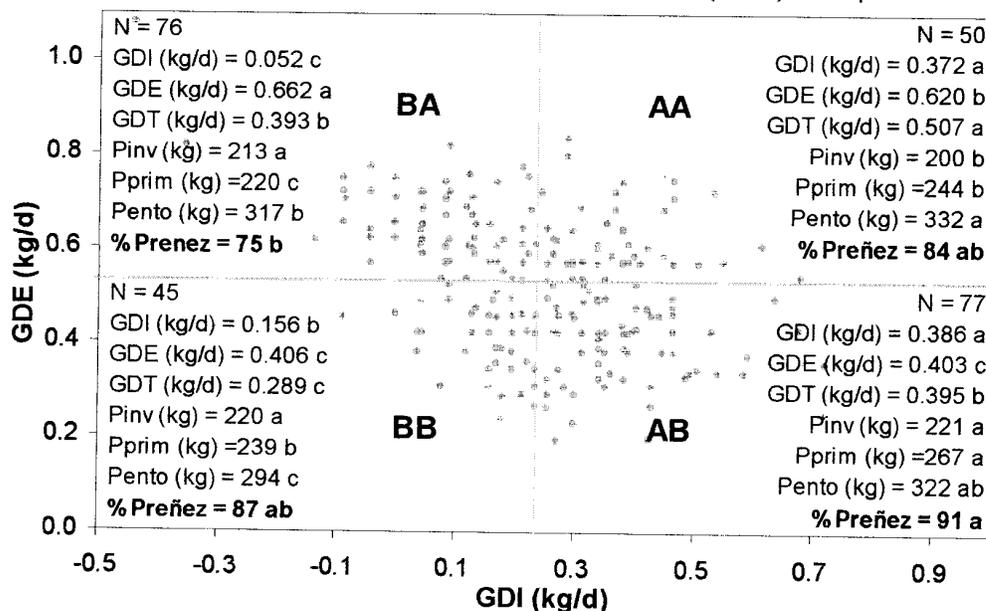
Figura 6. Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo 2/3 Brahman.



Letras diferentes indican diferencias entre cuadrantes con una $P < 0.1$ para el porcentaje de preñez y una $P < 0.05$ para el resto de las variables.

BA, AA, AB, BB = nombre de cuadrante. **GDI** = ganancia diaria invernal. **GDE** = ganancia diaria estival. **GDT** = ganancia diaria total. **Pinv** = peso inicial. **Pprim** = peso de primavera. **Pento** = peso al inicio del entore.

Figura 7. Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo 2/3 Hereford.



Letras diferentes indican diferencias entre cuadrantes con una $P < 0.1$ para el porcentaje de preñez y una $P < 0.05$ para el resto de las variables.

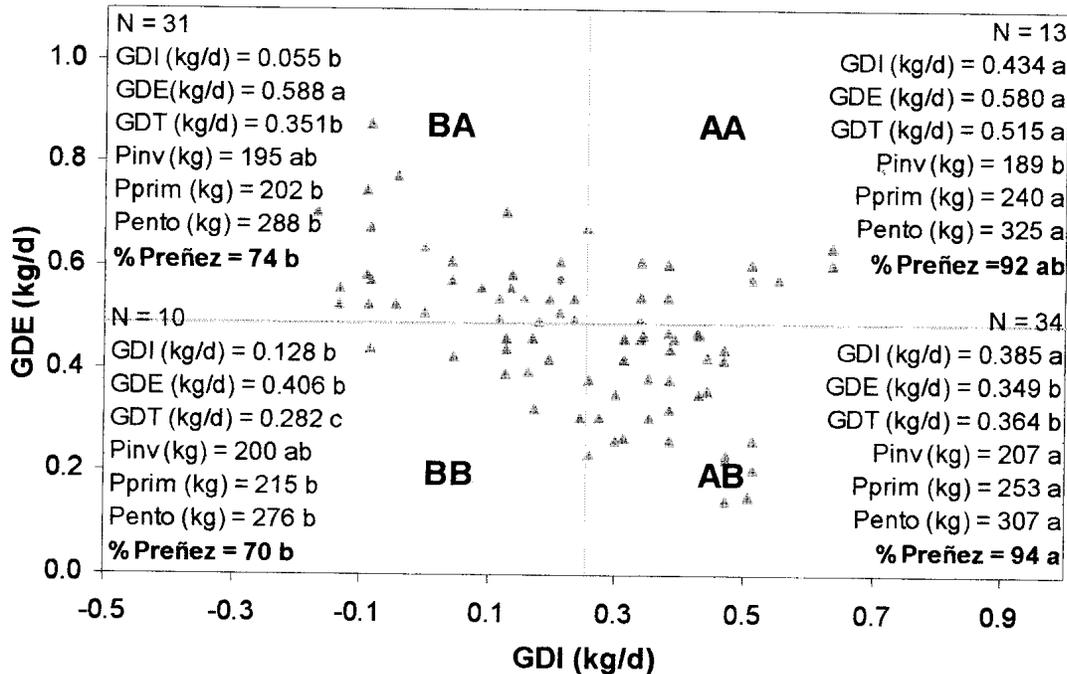
BA, AA, AB, BB = nombre de cuadrante. **GDI** = ganancia diaria invernal. **GDE** = ganancia diaria estival. **GDT** = ganancia diaria total. **Pinv** = peso inicial. **Pprim** = peso de primavera. **Pento** = peso al inicio del entore.

Lo primero que surge de esta comparación es la diferencia entre los cuadrantes de alta GDI – baja GDE (AB) y los de baja GDI – alta GDE (BA), que se diferencian básicamente en la distribución estacional de la ganancia (ver Figura 9). En los tres biotipos, estos cuadrantes tienen el mismo Pinv y la misma GDT. Las vaquillonas del cuadrante AB logran ganar entre 40 y 46 kg durante el invierno, lo que representa entre el 40 y el 46% de los kg totales ganados, mientras que las del cuadrante BA ganaron entre 6 y 11 kg en el mismo período, es decir entre el 6 y el 10% de los kg ganados.

No existieron diferencias entre biotipos en la GDI en ninguno de los dos cuadrantes, por lo que las diferencias entre biotipos en el Pinv se reflejaron en el Pprim. Comparando los cuadrantes BA, las vaquillonas 2/3H fueron 18 kg más

pesadas al inicio que las H ($P < 0.0375$) y 13 kg más pesadas que las 2/3B ($P < 0.0886$). La diferencia con H se mantuvo hasta el fin del invierno ($P < 0.0727$). En el cuadrante AB, en cambio, se registró una diferencia entre los biotipos 2/3H y 2/3B, ya que el primero fue 17 kg más pesado al inicio ($P < 0.0026$) y al final del invierno ($P < 0.0041$).

Figura 8. Número de observaciones, porcentaje de preñez y promedios de las distintas variables de los cuadrantes que resultan de separar las observaciones por las medias de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE). Biotipo Hereford.



Letras diferentes indican diferencias entre cuadrantes con una $P < 0.1$ para el porcentaje de preñez y una $P < 0.05$ para el resto de las variables.

BA, AA, AB, BB = nombre de cuadrante. **GDI** = ganancia diaria invernal. **GDE** = ganancia diaria estival. **GDT** = ganancia diaria total. **Pinv** = peso inicial. **Pprim** = peso de primavera. **Pento** = peso al inicio del entore.

En el período estival, las vaquillonas del cuadrante BA aumentaron sustancialmente su tasa de crecimiento en los tres biotipos. El crecimiento compensatorio hizo que en los biotipos cruza el cuadrante BA llegue al mismo Pento que el AB. En H, la GDE del cuadrante BA fue 86 ($P < 0.0001$) y 74 ($P < 0.0006$) g/día inferior que en el caso de 2/3B y 2/3H, respectivamente, lo que impidió que se de una

compensación total en este biotipo, y al inicio del entore la diferencia en peso entre AB y BA fue de 19 kg ($P < 0.0132$).

Si se comparan los biotipos para un mismo cuadrante, las vaquillonas 2/3B y 2/3H fueron 22 ($P < 0.0102$) y 29 ($P < 0.0001$) kg más pesadas que las H al inicio del servicio en el cuadrante BA, mientras que en el AB no existieron diferencias significativas entre biotipos, aunque la tendencia fue similar.

De esta forma, al inicio del servicio las vaquillonas del cuadrante BA de los biotipos 2/3B y 2/3H habían recuperado el 84 y 89%, respectivamente, de la diferencia en peso vivo que existía con el cuadrante AB al fin del invierno, es decir que la compensación fue total. En el caso de H se recuperó apenas el 64% de la diferencia en kg. Si bien existen algunos casos en los que se encontró compensación total (Bohman, citado por Marquisa y Urrutia, 2000; Gleeson, 1972; Ryan *et al.*, 1993), estos no son muy frecuentes en la bibliografía. Sin embargo Lange (1980) expresa que podría alcanzarse la compensación total en vaquillonas para cría siempre que la restricción no haya sido excesivamente severa y que se alimente adecuadamente en la recuperación.

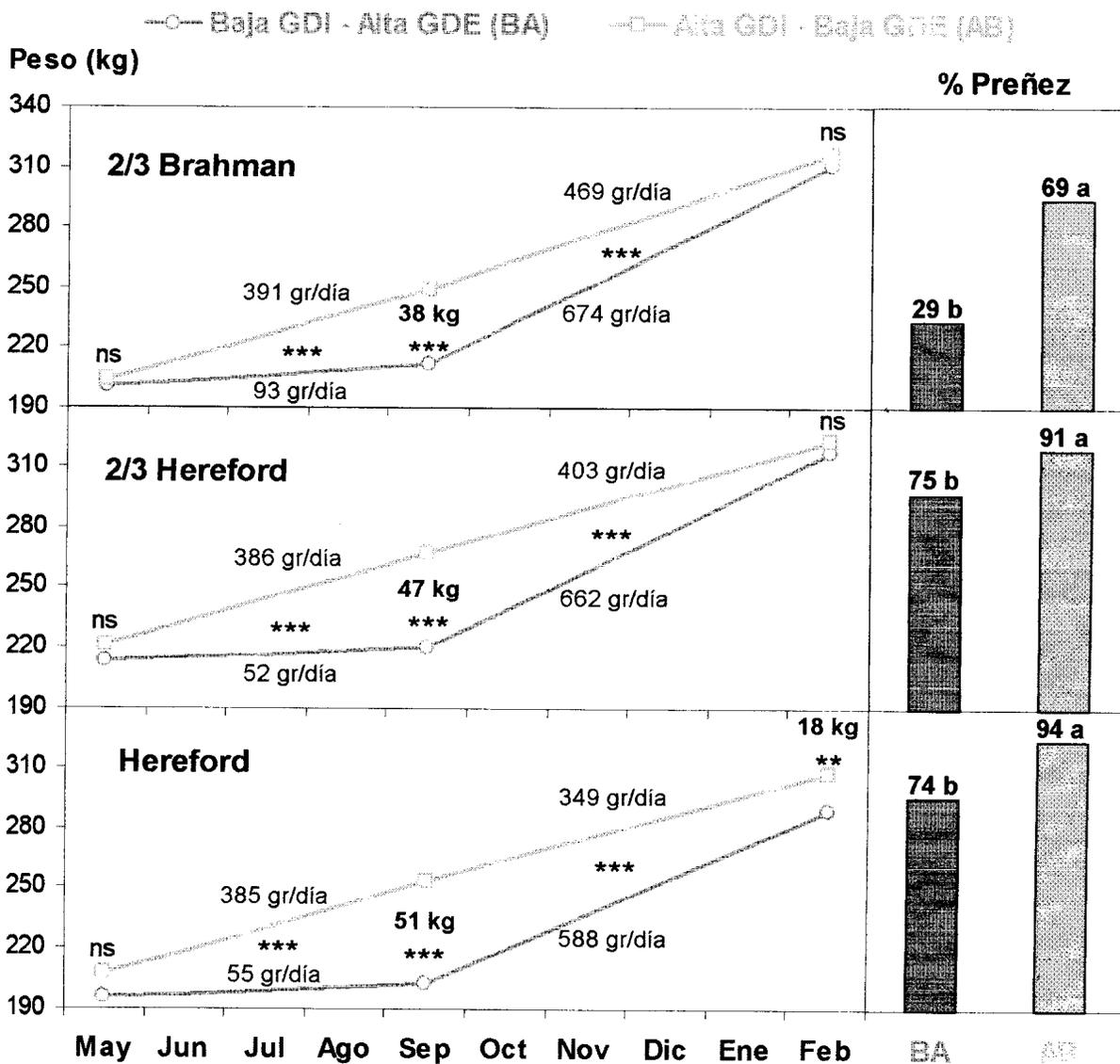
Como se desprende de lo anterior, si el objetivo es llegar a determinado peso crítico de entore, técnicas como la suplementación invernal podrían desestimarse para su aplicación en los sistemas de producción, ya que su efecto podría verse neutralizado por el crecimiento compensatorio si se evalúa solamente desde el punto de vista del peso vivo que alcanza la vaquillona. Sin embargo, la distribución estacional de la ganancia tuvo un efecto directo muy marcado en la performance reproductiva. Las vaquillonas del cuadrante BA lograron porcentajes de preñez 20 ($P < 0.0402$), 16 ($P < 0.0116$) y 40 puntos porcentuales ($P < 0.0001$) inferiores a las del cuadrante AB en los biotipos H, 2/3H y 2/3B, respectivamente. Esto podría explicar las diferencias entre los trabajos que reportan una correlación positiva entre el peso de las vaquillonas y la tasa de preñez al primer servicio (Donaldson *et al.*, 1967; Ellis, 1974; Axelsen y Morley, 1976; Ahmad *et al.*, 1981; Wiltbank *et al.*, 1985) y los que no encontraron diferencia significativa entre peso entre de los animales que habían concebido y los fallados al

final del servicio (Young, 1967; Carter *et al.*, 1973; Pittaluga y Valledor, 1980; Van Niekerk *et al.*, 1990), posiblemente por el efecto de la distribución de la ganancia.

Con lo analizado hasta aquí, queda claro que el concepto de “peso crítico” de entore pierde importancia relativa como indicador de la performance reproductiva en servicio anticipado de 18 meses ante otros factores como la ganancia de peso invernal. La importancia de la ganancia invernal se reafirma cuando se comparan los cuadrantes de baja GDI, como se muestra en la Figura 10. Las vaquillonas del cuadrante de baja GDI y baja GDE (BB) tuvieron una GDI 62 ($P<0.0189$), 104 ($P<0.0001$) y 72 ($P<0.2416$) g/día mayor que las del cuadrante BA en 2/3B, 2/3H y H, respectivamente. Al finalizar el invierno, el Pprim del cuadrante BB fue 14 ($P<0.0490$), 19 ($P<0.0009$) y 13 kg ($P<0.3924$) mayor que las del cuadrante BA para los biotipos 2/3B, 2/3H y H, respectivamente. Sin embargo, durante el período estival el cuadrante BA tuvo una GDE 176 ($P<0.0001$), 256 ($P<0.0001$) y 182 ($P<0.0001$) g/día mayor que el BB, lo que le permitió alcanzar una GDT 74 ($P<0.0001$), 104 ($P<0.0001$) y 69 ($P<0.0071$) g/día superior en los biotipos 2/3B, 2/3H y H, respectivamente. Esta clara manifestación de crecimiento compensatorio les permitió a las vaquillonas del cuadrante BA alcanzar un Pento 15 ($P<0.0270$), 23 ($P<0.0001$) y 12 ($P<0.4471$) kg mayor en los biotipos 2/3B, 2/3H y H, respectivamente.

Sin embargo, estas diferencias en la GDT y en el Pento no se refleja en la performance reproductiva, ya que el porcentaje de preñez del cuadrante BB fue 31 ($P<0.0019$) y 13 ($P<0.1313$) puntos porcentuales mayor que el cuadrante BA en los biotipos 2/3B y 2/3H, respectivamente. En el caso de H no existieron diferencias entre cuadrantes, aunque el bajo número de observaciones en este biotipo (BA=31, BB=10) limita las conclusiones cuando se analiza el porcentaje de preñez.

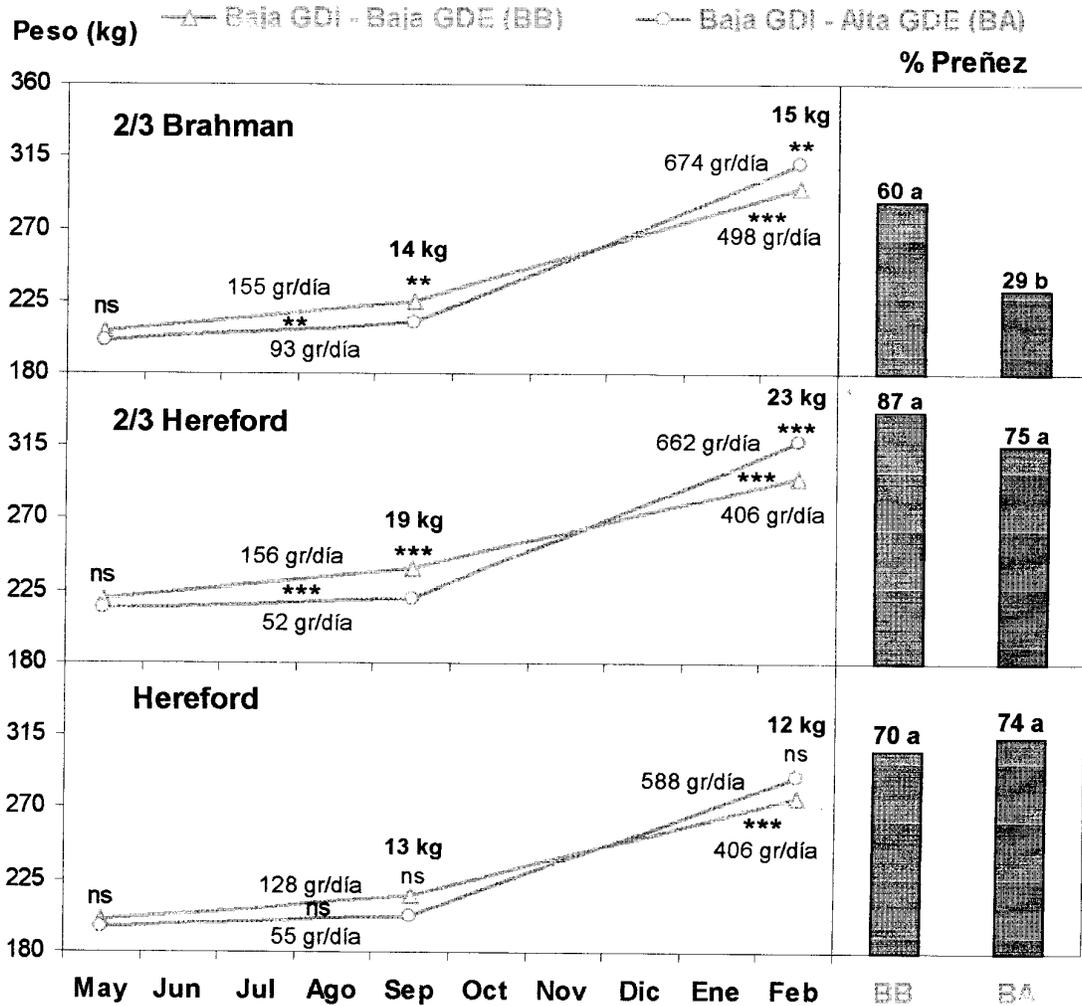
Figura 9. Comparación de la evolución de peso y el porcentaje de preñez entre el grupo de vaquillonas de alta ganancia diaria invernal (GDI) y baja ganancia diaria estival (GDE), y el grupo de baja GDI y alta GDE, según biotipo.



51 kg = diferencia entre el peso de BA y AB.
 385 gr/día = ganancia diaria. ns = P>0.05
 *** = significancia de la diferencia en peso o en ganancia diaria.
 (***) = P<0.01, (**) = P<0.05)

Letras diferentes indican porcentajes de preñez diferentes con una P<0.1.

Figura 10. Comparación de la evolución de peso y el porcentaje de preñez entre el grupo de vaquillonas de alta ganancia diaria invernal (GDI) y baja ganancia diaria estival (GDE), y el grupo de baja GDI y baja GDE, según biotipo.



13 kg = diferencia entre el peso de BA y BB.
 128 gr/día = ganancia diaria. ns = P > 0.05
 *** = significancia de la diferencia en peso o en ganancia diaria.
 (** = P < 0.01, *** = P < 0.001)

Letras diferentes indican porcentajes de preñez diferentes con una P < 0.1.

Tomando en cuenta la ganancia de peso y el Pento, podría esperarse que el cuadrante de alta GDI y alta GDE (AA) tenga el mayor porcentaje de preñez. Sin embargo, si se compara este cuadrante con el AB, no aparecen diferencias en el

porcentaje de preñez. La explicación a esto radica en que el cuadrante AA fue el que tuvo menor P_{inv} en los tres biotipos, lo que ante una GDI similar lleva a que el P_{prim} sea menor, lo que podría ser un indicador de un desarrollo más tardío de las vaquillonas de este cuadrante.

La hipótesis de P_{prim} como indicador del momento en que se alcanza la pubertad surge de comparar el impacto que una diferencia en esta variable tiene en cada biotipo. En el biotipo 2/3B fue el más afectado, ya que los 12 kg ($P < 0.1275$) que el cuadrante AB tuvo por encima del AA en el P_{prim} produjeron una diferencia de 18 puntos ($P < 0.0708$) en el porcentaje de preñez, aún cuando el P_{ento} de AA fue 13 kg superior ($P < 0.0853$). En H la situación fue distinta. Si bien el cuadrante AB tuvo un P_{prim} 13 kg superior ($P < 0.2531$), esto no se reflejó en diferencias en el porcentaje de preñez. Tampoco incidió en la fertilidad la diferencia de P_{ento} de 18 kg a favor del cuadrante AA ($P < 0.0842$), lo que sugiere que estos “pesos de entore” se encuentran por encima del rango en que pueden producir modificaciones en la fertilidad de las vaquillonas. En 2/3H, el efecto fue intermedio. En este biotipo se dio la mayor brecha en el P_{inv} de los cuadrantes AA y AB, con una diferencia de 21 kg a favor de este último ($P < 0.0001$) que se amplió levemente a 23 kg ($P < 0.0001$) en P_{prim} . Durante el período estival la situación se revirtió y el P_{ento} del cuadrante AA fue levemente superior (10 kg, $P < 0.1924$). Sin embargo, esto no se reflejó en el porcentaje de preñez, ya que el cuadrante AB logró un porcentaje de preñez 7 puntos superior, aunque esta diferencia no fue significativa ($P < 0.2440$).

Verde (comunicación personal) indica que el crecimiento compensatorio no debería considerarse de ninguna forma como una herramienta de manejo en la recría de vaquillonas. De forma similar, Cronjé (1990) indica que, aunque el crecimiento compensatorio puede o no eliminar el efecto de una restricción invernal, la performance reproductiva se puede ver afectada en el caso de ganado de cría. En este sentido, Scena y Monje (1994) muestran resultados donde una restricción en el primer invierno posdestete afecta directamente el tamaño del aparato reproductor de las vaquillonas.

A pesar de estas observaciones, en la bibliografía existen muchos trabajos que no encontraron diferencias en la performance reproductiva de vaquillonas que ganaron peso en forma constante en relación a las que les aplicó un manejo compensatorio (Bond y Wiltbank, 1970; Ridruejo *et al.*, 1979; Clanton *et al.*, 1983; Marston *et al.*, 1995; Lynch *et al.*, 1997). En algunos de estos trabajos existieron diferencias en el momento en que las vaquillonas alcanzaban la pubertad (Marston *et al.*, 1995; Lynch *et al.*, 1997; Ridruejo *et al.*, 1979) o en el momento en que se dio la concepción (Marston *et al.*, 1995), pero en ningún caso se registraron diferencias en el porcentaje de preñez.

Es así que Clanton *et al.* (1983) concluyen en su trabajo que el objetivo central debería ser que las vaquillonas ganen determinada cantidad de peso entre el destete y el servicio, sin importar el momento en que se da esa ganancia, por lo que existe cierta flexibilidad en cuanto a las estrategias para manejar las vaquillonas, siempre que se logre el peso necesario al inicio del servicio. En este sentido, Lynch *et al.* (1997) sugiere que sería posible manejar las vaquillonas de reemplazo durante el invierno sobre forrajes de baja calidad o con residuos de cosecha, siempre que se cambie a una dieta de mayor calidad a medida que se acerca el servicio, de forma de aprovechar las ganancias compensatorias y alcanzar el peso objetivo apropiado para asegurar un porcentaje de concepción óptimo. A similar conclusión llegan Marston *et al.* (1995), quienes opinan que se puede lograr reducir la edad a la pubertad ofreciendo a los animales dietas energéticas altamente concentradas por un corto plazo previo al servicio, en comparación con la suplementación de vaquillonas pastoreando forrajes de baja calidad que logran ganancias moderadas durante todo el período.

Estas propuestas de manejo, como bien concluyen sus autores, serían viables solamente cuando durante el período previo al servicio, o de realimentación, se les ofrece a las vaquillonas dietas energéticas altamente concentradas. Este tipo de dietas permiten optimizar la respuesta compensatoria, ya que según Verde *et al.* (1974) el crecimiento compensatorio es máximo con dietas que aporten 2.8 Mcal EM/kg MS. Además del efecto indirecto que las dietas concentradas tienen sobre la performance reproductiva a través del aumento en el peso vivo, también pueden tener efectos

directos mediante la modificación de los productos de la digestión y, como consecuencia, del balance hormonal. En este sentido, existen ensayos en los que cambios en la dieta que disminuyeron la relación acético:propiónico en el rumen mediante la alimentación con concentrados o el uso de monensina (Moseley *et al.*, 1978, 1982; McCartor *et al.*, 1979; Lalman *et al.*, 1993) redujeron significativamente la edad a la pubertad sin modificaciones en la ganancia diaria o en el peso vivo. Basset (citado por McCartor *et al.*, 1979), en su revisión, deja claro el efecto del nivel de consumo y de la calidad de la dieta en el nivel de algunas hormonas. Del mismo modo, Gombe *et al.* (1973) indica que los niveles de energía en la dieta afectan ciertas variables endocrinas que controlan la reproducción.

Como ya se dijo, el impacto de un retraso en la curva de crecimiento sobre la fertilidad dependió del biotipo, lo que estaría muy relacionado con la precocidad sexual de cada uno. Las razas y cruzas *Bos indicus* han sido reportadas en numerosos trabajos como de menor precocidad sexual que las razas *Bos taurus* (Gregory *et al.*, 1979; Stewart *et al.*, 1980; Morgan, 1981; Bolton, 1987; Patterson *et al.*, 1991; Hearnshaw *et al.*, 1994; Freetly y Cundiff, 1997; Thallman *et al.*, 1999). De esta forma, el gran impacto negativo que tuvieron las bajas ganancias invernales en las vaquillonas 2/3B se debería a que esto retrasó su desarrollo sexual, y por lo tanto probablemente se haya alcanzado más tarde la pubertad, aún cuando luego se haya alcanzado un mayor peso de entore. Es conocido el efecto perjudicial sobre la tasa de concepción de que una baja proporción de vaquillonas se encuentre ciclando al inicio del servicio (Short y Bellows, 1971; Spitzer *et al.*, 1975), debido a que tienen menos oportunidades de concebir porque van a recibir un menor número de servicios en el mismo período. Este problema se agudiza si se tiene en cuenta que los primeros celos son menos fértiles que los subsiguientes (Byerley *et al.*, 1987).

En las vaquillonas 2/3H no se detectó un efecto tan marcado de un retraso en el crecimiento en la performance reproductiva, como en el caso de las 2/3B. Esto sugiere que la composición racial de este biotipo permitió una muy buena complementación entre las características de adaptación al medio de Brahman (expresadas en el

potencial de crecimiento estival) y la precocidad sexual de la raza Hereford (expresada en el porcentaje de preñez).

Las diferencias entre las cruzas con distinta proporción de Brahman en la performance reproductiva están muy relacionadas al ambiente, expresado mediante el plano nutricional. Young *et al.* (1978) no encontraron diferencias en el porcentaje de preñez a los 13-14 meses de vaquillonas que tenían como raza paterna a Hereford o Angus Vs. Brahman. Resultados similares obtuvieron Bolton *et al.* (1987) comparando vaquillonas $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ Brahman en relación a las Hereford x Angus cuando el servicio era de primavera. Sin embargo cuando se realizó servicio a la misma edad pero en otoño, si bien todos los biotipos se vieron afectados en forma importante, las vaquillonas $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Brahman tuvieron porcentajes de preñez 25 y 49% menor que las Hereford x Angus, respectivamente. Aunque el fotoperíodo probablemente también haya afectado, los autores atribuyen las diferencias a que el plano nutricional provocó tasas de crecimiento mucho menores que en las vaquillonas de servicio de primavera, por lo que el peso al momento del servicio fue en promedio 66 kg menor (274 Vs. 340 kg). Estos trabajos sugieren que cuando el plano nutritivo no es limitante, no existirían diferencias entre vaquillonas de razas británicas y las cruzas, al menos con hasta el 50% de genes Brahman. Sí existirían diferencias ante una restricción nutricional, ya que cada biotipo se afectaría en forma diferente. Si bien las características adaptativas de las cruzas Brahman les permitiría obtener mayores tasas de ganancia cuando el ambiente es limitante, en ocasiones esto no sería suficiente para alcanzar los niveles de peso adecuados que les permita lograr una buena performance reproductiva. Es decir, que en muchas ocasiones, el mayor potencial de crecimiento en ambientes desfavorables de las cruzas Brahman no es suficiente como para superar la limitante que representa la menor precocidad sexual, ya que deben alcanzar un peso considerablemente superior al de las razas británicas para obtener la misma performance reproductiva.

De forma similar a las 2/3H, la performance reproductiva de las vaquillonas H no se vio tan afectada por las distintas curvas de crecimiento, aunque en este caso

existe dos salvedades. En primer lugar, el número de observaciones fue mucho menor que en los otros biotipos, y en algunos casos inadecuado para obtener un porcentaje de preñez representativo de una situación. Y en segundo orden, en este biotipo, como ya se indicó, el crecimiento compensatorio incidió en menor medida, haciendo que en muchos casos se aumente la tasa de crecimiento durante el período estival pero no se logre compensar totalmente frente al grupo que tuvo mayor GDI, como es el ejemplo de la comparación entre los cuadrantes AB y BA. En este último caso, el efecto de la distribución estacional de la ganancia en la performance reproductiva está confundido con el mayor peso al inicio del servicio. De esta forma, podría suponerse que si estos cuadrantes hubieran alcanzado el mismo Pento, la diferencia en el porcentaje de preñez sería inferior a los 20 puntos porcentuales que se registraron.

C. MODELOS DE PREDICCIÓN DE PREÑEZ

A partir del análisis realizado hasta aquí se identificaron las variables que contribuyen con mayor importancia a explicar la fertilidad de las vaquillonas. En esta parte del trabajo se intenta incluir esas variables en forma individual o combinadas en ecuaciones para predecir la fertilidad en cada biotipo.

1. Predicción a partir del peso vivo

Las ecuaciones para predecir la probabilidad de preñez a partir del peso vivo son del tipo:

$$PP = \frac{e^{(b_0 + b_1 x)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 x)}}$$

donde:

PP = probabilidad de preñez

x = peso vivo (Pinv, Pprim, Pento)

b0, b1 = coeficientes

En el Cuadro 9 se muestran los coeficientes de las ecuaciones de predicción de preñez a partir de las variables de peso vivo para cada biotipo, y en el Anexo 10 se presentan los cocientes de máxima verosimilitud (CMV) y la significancia de las variables incluidas en los mismos modelos. Es importante aclarar que cuanto más alto (más cercano a cero) es el CMV, mejor es el ajuste relativo de un modelo, y que éste indicador sirve para comparar modelos dentro de cada biotipo, pero no entre biotipos.

Cuadro 9. Coeficientes de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez a partir del peso inicial, del peso de primavera y del peso al inicio del entore.

Variable independiente	2/3 Brahman		2/3 Hereford		Hereford	
	b ₀	b ₁	b ₀	b ₁	b ₀	b ₁
Peso inicial	-5.0394	0.0254	-1.5295	0.0151	-9.2613	0.0569
Peso primavera	-7.1362	6.0313	-3.0452	0.0199	-13.2204	0.0700
Peso entore	-5.1424	0.0167	-2.6992	0.0139	-17.3094	0.0664

Las curvas de los tres modelos que toman como variable independiente el peso tienen comportamientos muy similares. En los tres biotipos el modelo que presentó mejor ajuste fue el que considera Pprim (ver Figura 11). Los modelos a partir de Pinv y de Pento se muestran en los Anexos 11 y 12. En los Anexos 13 a 15 se muestran en forma gráfica los tres modelos de peso vivo para cada biotipo y los límites de los intervalos con 95% de confianza.

En el biotipo 2/3B, el ajuste de estos modelos se vio incrementado cuando se agregó un término cuadrático, es decir con una ecuación del tipo:

$$PP = \frac{e^{(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2)}}$$

donde:

PP = probabilidad de preñez

x₁ = término simple (Pinv, Pprim, Pento)

x₂ = término cuadrático (Pinv², Pprim², Pento²)

b₀, b₁, b₂ = coeficientes

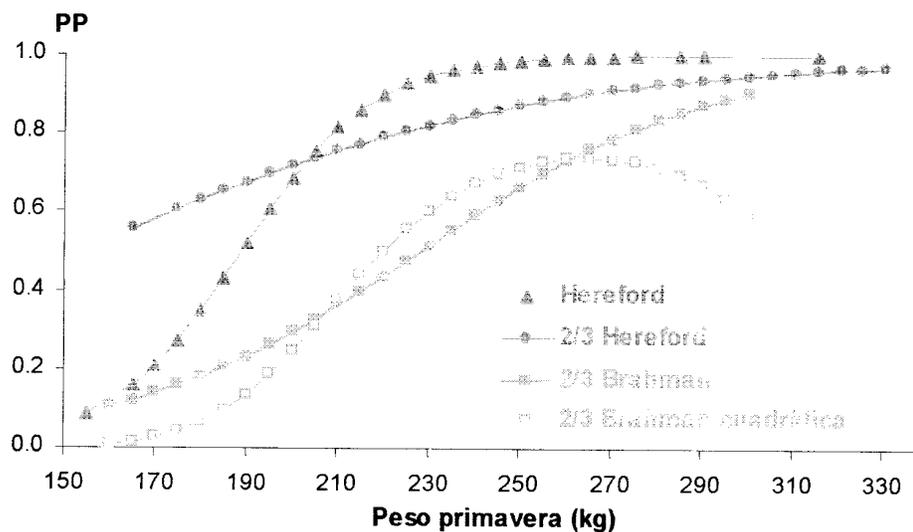
Los coeficientes de estas ecuaciones se muestran en el Cuadro 10, mientras que la significancia de los parámetros y el CMV se presentan en el Anexo 16.

Cuadro 10. Coeficientes de las ecuaciones con un término cuadrático que estiman probabilidad de preñez a partir del peso inicial, peso de primavera y peso al inicio del entore para el biotipo 2/3 Brahman.

Variable	Coeficientes		
	b_0	b_1	b_2
Peso inicial	-22.8807	0.2048	-0.0004454
Peso primavera	-34.9256	0.2716	-0.0005128
Peso entore	-45.7214	0.2748	-0.0004075

En el Anexo 17 se muestran en forma gráfica los tres modelos con un término cuadrático con los intervalos de confianza correspondientes.

Figura 11. Estimación de la probabilidad de preñez (PP) por el modelo de Peso de primavera según biotipo.



En la Figura 12 se presenta el porcentaje de preñez real por quintil para las variables P_{inv} , P_{prim} y P_{ento} , y se lo contrasta con la probabilidad de preñez para el mismo valor calculada a través del modelo de predicción de cada variable. En el caso del biotipo 2/3B se utilizan las ecuaciones cuadráticas, que son las que se ajustaron mejor a los datos en los rangos manejados en la Figura 12.

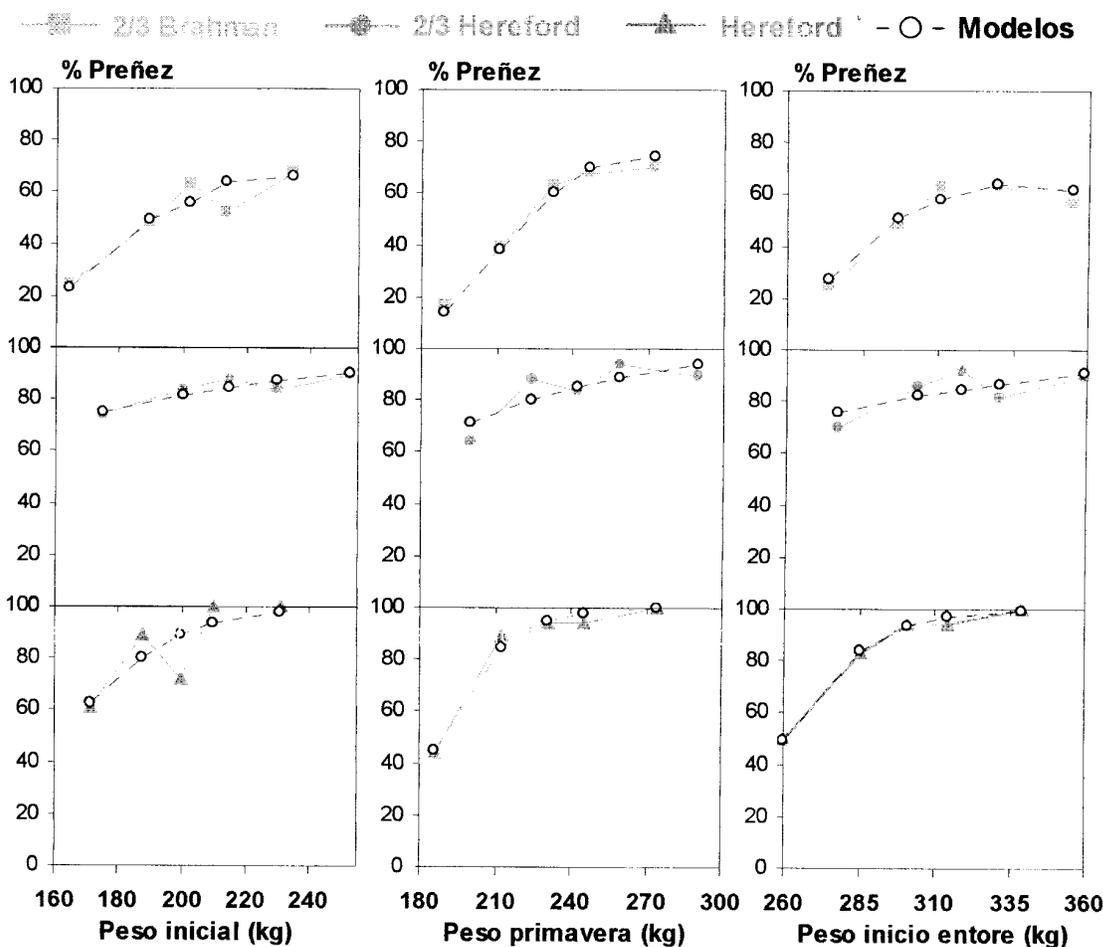
La exactitud del valor de PP que arrojan los modelos no es siempre la misma. A bajos valores de peso vivo la exactitud es baja, y aumenta progresivamente acompañando el incremento en la PP, como se aprecia en los intervalos de confianza. La amplitud de estos intervalos para un peso vivo determinado además difiere con el biotipo. En H los intervalos son más amplios que en los otros biotipos a bajos pesos vivos, probablemente debido al escaso número de observaciones. El biotipo 2/3B, en cambio, es el que mostró menor amplitud en el intervalo de confianza.

Tal como se muestra en la Figura 11, existen diferencias importantes en la respuesta en PP de un biotipo al aumento en el peso vivo. Las vaquillonas 2/3H son las menos afectadas en su PP por cambios en el peso: a bajos pesos son las que logran mayor PP, pero responden con aumentos marginales muy bajos y decrecientes al aumentar el peso vivo. Si se analiza el modelo de P_{prim} , una de las principales diferencias en la PP entre 2/3H y H a bajos pesos vivos radica en el potencial de ganancia estival. Es decir que, a un mismo peso a la salida del invierno, las vaquillonas 2/3H van a ser más pesadas al inicio del servicio, lo que puede estar afectando la performance reproductiva cuando se trata de bajos pesos vivos.

Sin embargo, la diferencia en ganancia de peso estival no explica en su totalidad las diferencias entre 2/3H y H en la PP a bajos pesos vivos, ya que en el modelo de P_{ento} la respuesta es similar. El factor que podría estar determinando este comportamiento es el vigor híbrido. El efecto de heterosis ha sido reportado por varios autores para características relacionadas a la pubertad. Laster *et al.* (1976) encontraron que las vaquillonas cruzas alcanzaron la pubertad con el mismo peso pero 19.5 días antes que las puras. Por su parte, Gregory *et al.* (1978) encontraron que la

heterosis fue de 6.8 kg y -9.4 días para peso y edad a la pubertad, respectivamente. Wiltbank *et al.* (1966) reportaron que las vaquillonas cruce entre razas británicas alcanzaban la pubertad a menor edad que las de razas puras. Luego de corregir la edad a la pubertad por la ganancia diaria, entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del efecto de heterosis en edad a la pubertad continuaba presente, por lo que los autores concluyeron que este efecto se adiciona al de la heterosis para ganancia de peso, y se manifestaba en forma independiente de éste.

Figura 12. Porcentaje de preñez real y estimado por los modelos de predicción a partir del peso vivo según biotipo. Los valores del eje horizontal corresponden al peso promedio de un quintil (número total de observaciones de cada biotipo dividido entre 5).



No existe mucha información sobre heterosis en la edad a la pubertad de cruza entre *Bos indicus* y *Bos taurus*. Franke y England (citado por Koger *et al.*, 1976) reportaron una heterosis de 14% en la edad a la pubertad para las cruza Brahman – Hereford y Brahman – Aberdeen Angus, aunque en ninguno de los casos la pubertad ocurre antes que en las raza británica parental. Por su parte, Gregory *et al.* (1979) concluyen que el mérito genético aditivo de la raza Brahman probablemente es extremadamente bajo para la edad a la pubertad, debido a que la heterosis media para esta característica es alta para las razas *Bos indicus* en cruza con razas *Bos taurus*.

Otros trabajos reportaron que la heterosis aumenta la “tasa de maduración” de los animales, es decir que hace que maduren antes en varias características (Gregory *et al.*, 1966a; Gregory *et al.*, 1966b), una de las cuales es la pubertad. Sin embargo, la heterosis se puede manifestar en otros parámetros reproductivos. Cundiff *et al.* (1984) encontraron que existió un efecto de heterosis de un 6.6% en la tasa de concepción al primer servicio. De forma similar, Nelson y Beavers (1982) reportaron mayores tasas de preñez de las hembras cruza, probablemente como consecuencia de un mayor porcentaje de concepción en relación a las puras o, como expresan Sagebiel *et al.* (1967), de una menor mortalidad embrionaria provocada por el vigor híbrido. Este punto puede ser de gran importancia cuando la vaquillona alcanza tarde la pubertad en un esquema de servicios restringidos, por lo que tiene menos oportunidades de concebir.

En este trabajo, el probable efecto de heterosis se manifestó a pesos bajos, lo que estaría indicando una cierta restricción nutricional. En este sentido existen antecedentes que demuestran que el efecto de heterosis en la edad a la pubertad depende del nivel de alimentación. Wiltbank *et al.* (1966) encontraron que las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 41 días antes que las puras cuando fueron alimentadas en el plano bajo, mientras que la diferencia fue de 35 días en el plano alto. De forma similar, Wiltbank *et al.* (1969) encontraron que en el plano alto las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad a la misma edad pero con 31 kg más que las puras, mientras que en el plano bajo las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 148 días

antes y 14 kg más pesadas que las puras. Si bien existió una diferencia en el peso inicial y en la GMD a favor de las cruza, los autores concluyen que no toda la variación en la edad a la pubertad puede ser explicada por la diferencia en la tasa de crecimiento, ya que al corregir la edad y el peso a la pubertad por la ganancia diaria las diferencias continuaban siendo importantes. De esto surge que la heterosis para edad a la pubertad se manifestaría con mayor magnitud en condiciones limitantes, como las que probablemente tuvieron las vaquillonas que alcanzaron bajos Pprim en este trabajo.

Hasta aquí se discutió el comportamiento de las vaquillonas 2/3H a bajos pesos vivos. Sin embargo, los motivos de la poca respuesta en PP de este biotipo ante aumentos en el peso vivo no están bien identificados. Una hipótesis es que la proporción de Brahman que tiene este biotipo (entre 5/16 y 3/8) pueda estar limitando de alguna forma la respuesta, probablemente retrasando la llegada de la pubertad.

En el otro extremo, la raza Hereford es la que presentó mayor respuesta a cambios en el peso vivo. A pesos bajos la performance reproductiva es muy pobre, pero responde en forma lineal a aumentos en el peso hasta alcanzar el máximo de preñez.

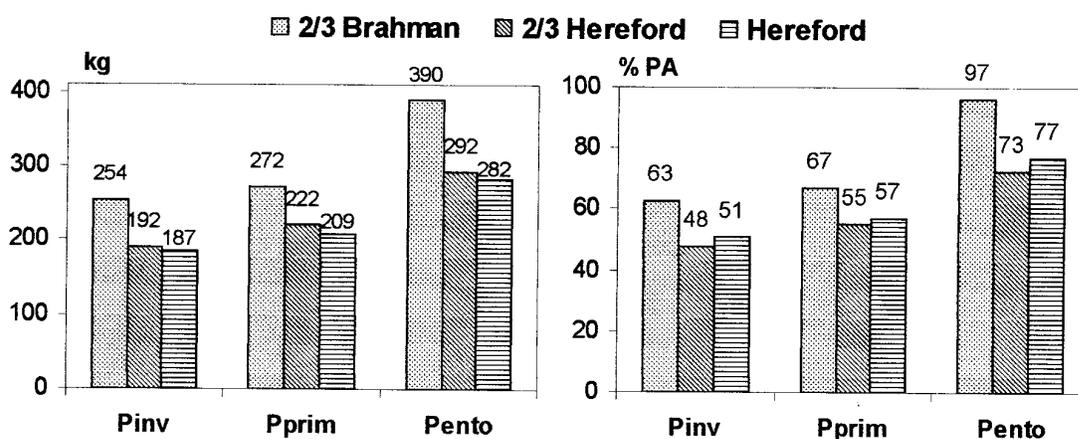
Las vaquillonas 2/3B, por su parte, presentan una respuesta intermedia entre H y 2/3H, aunque a un mismo peso vivo presentan menor probabilidad de preñez que éstos biotipos. El buen ajuste de los modelos con un término cuadrático en 2/3B sugiere que existe un peso vivo por encima del cual no hay aumento en la probabilidad de preñez, probablemente debido a que la edad comienza a ser el factor más limitante. En la Figura 12, se observa una tendencia a que el porcentaje de preñez real del biotipo 2/3B se estabilice a altos valores de P_{inv} y P_{prim}, y en el caso de P_{ento} alcance un máximo para luego disminuir frente a aumentos en el peso. Esta tendencia esta bien representada por los modelos. Sin embargo, a pesos vivos mayores a los contemplados en las horizontales de la Figura 12, el valor de probabilidad de preñez calculado a partir de los modelos cuadráticos comienza a decaer en forma muy

pronunciada, lo que no reflejaría la realidad. Es decir que los modelos con un término cuadrático posiblemente subestimarían la probabilidad de preñez a pesos altos, donde el intervalo de confianza alcanza gran amplitud (ver Anexo 17).

De esta forma, quedan claras las diferencias entre biotipos en el peso vivo necesarios para alcanzar una determinada PP. En la Figura 13 se muestran los pesos y el porcentaje del peso adulto necesarios para alcanzar el 80% de PP a partir de los modelos de peso vivo. Se tomaron como pesos adultos el promedio del peso al inicio del servicio de 10 años de las vacas de la Unidad de Cría, que se sitúa en 364, 402 y 404 kg para H, 2/3H y 2/3B, respectivamente (Pourrain, 2000). Utilizando los modelos lineales de predicción a partir de Pento, el peso "crítico" de entore sería de 282, 292 y 390 kg para los biotipos H, 2/3H y 2/3B, respectivamente. Pourrain y Beckwith (1993) mencionan valores de peso vivo al inicio del servicio algo más bajos para lograr un porcentaje de preñez similar. Estos autores proponen 280 y 360 kg como peso "crítico" en el servicio de otoño para las vaquillonas 2/3H y 2/3B, respectivamente. La diferencia más grande con los valores surgidos de este trabajo está en el biotipo 2/3B. Es de remarcar que los 390 kg al inicio del entore que, según el modelo lineal de Pento, necesitaría alcanzar este biotipo para obtener el 80% de probabilidad de preñez, prácticamente representa su peso adulto (97%). Si se utilizan los modelos cuadráticos, surge que los máximos valores de PP son de 66, 74 y 65% cuando P_{inv} , P_{prim} y Pento alcanzan los 230, 265 y 335 kg, respectivamente. Estos valores remarcan la dificultad de obtener altos índices de preñez en el biotipo 2/3B.

Como se observa en la Figura 13, las diferencias entre los biotipos 2/3H y H para alcanzar una PP del 80% son muy pequeñas, tanto de peso en kg como expresado en porcentaje del peso adulto. Las vaquillonas H necesitaron de 10 kg menos en el Pento para alcanzar dicha PP, aunque esto representó una mayor proporción del peso adulto que en las 2/3H. Sin embargo si se toma un valor crítico superior al 80%, existirían diferencias de mayor magnitud entre estos biotipos, debido a la distinta respuesta que tienen en su PP al aumentar del peso vivo.

Figura 13. Peso inicial (Pinv), de primavera (Pprim) y al inicio del entore (Pento), en kilogramos y como porcentaje del peso adulto (%PA), necesarios para obtener el 80% de preñez en cada biotipo según los modelos de predicción de cada variable.



2. Predicción a partir de la ganancia de peso

En el Cuadro 11 se muestran los parámetros de las ecuaciones de predicción de preñez a partir de la GDI y de la GDE, y en el Anexo 18 se presentan los CMV y la significancia de las variables para cada biotipo. Estas ecuaciones son del tipo:

$$PP = \frac{e^{(b_0 + b_1 x)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 x)}}$$

donde:

PP = probabilidad de preñez

x1 = ganancia diaria (GDI, GDE)

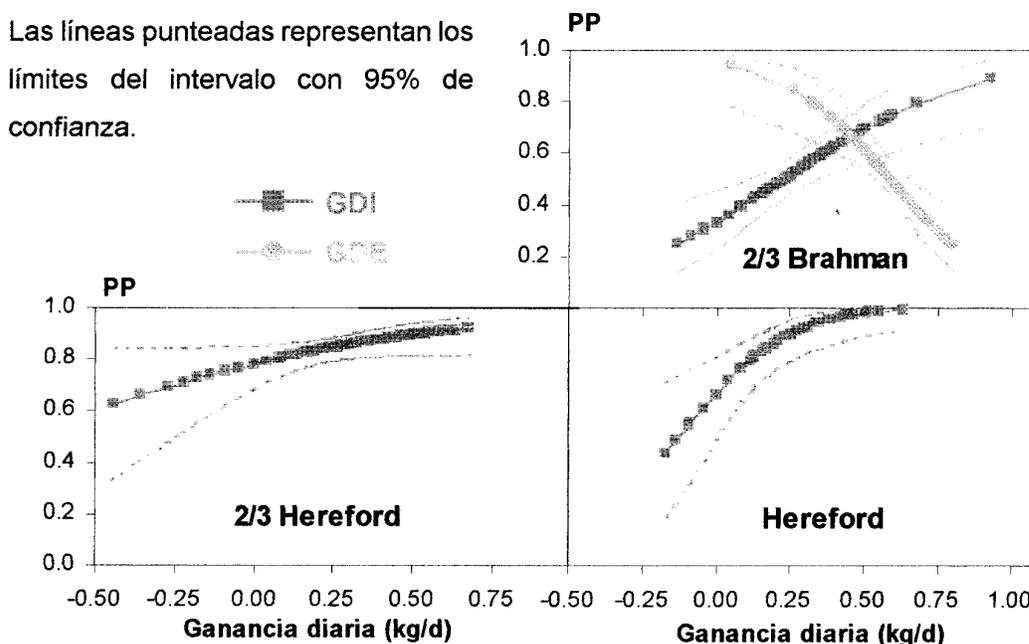
b0, b1 = coeficientes

Cuadro 11. Coeficientes de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez a partir de la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.

Variable independiente	2/3 Brahman		2/3 Hereford		Hereford	
	b ₀	b ₁	b ₀	b ₁	b ₀	b ₁
GDI	-0.6957	3.0045	1.2713	1.7216	0.6572	5.6219
GDE	3.0681	-5.2365	-	-	-	-

Como se desprende de los coeficientes de las ecuaciones, el efecto de GDI en la probabilidad de preñez fue positivo en los tres biotipos. La ecuación a partir de la GDE, en cambio, solamente presentó ajuste en 2/3B, y su efecto sobre la PP fue negativo. En la Figura 14 se representan en forma gráfica estos modelos.

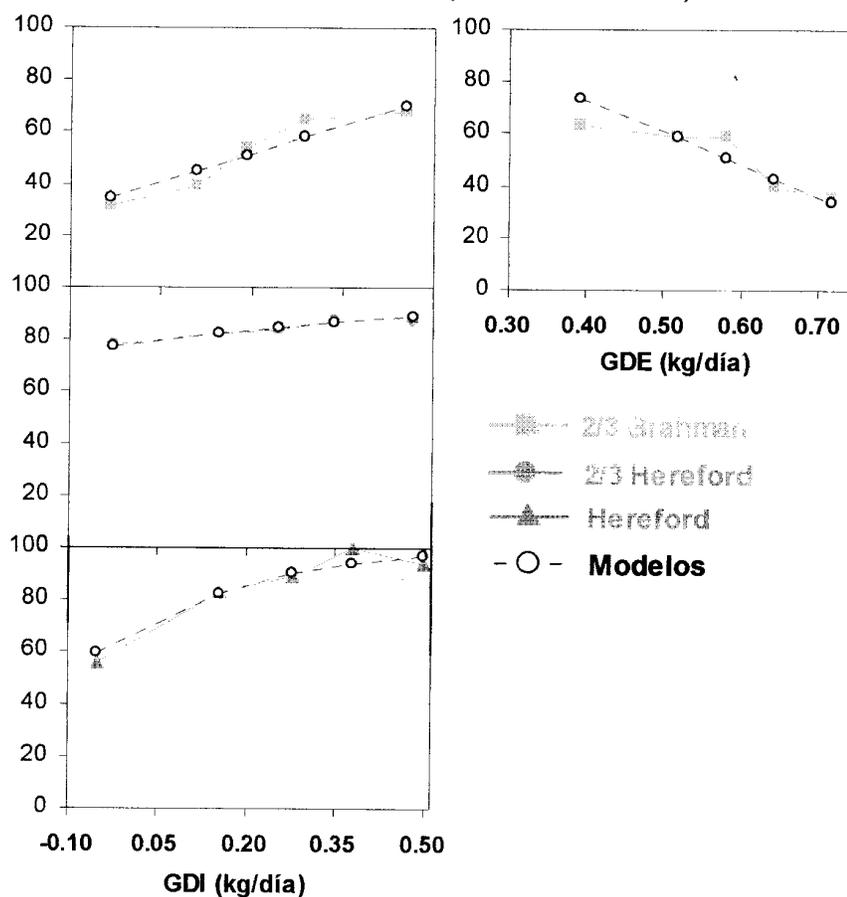
Figura 14. Estimación de la probabilidad de preñez (PP) por los modelos de ganancia diaria invernal (GDI) y ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.



En la Figura 15 se contrastan las curvas reales de porcentaje de preñez por quintil de ganancia diaria con las curvas calculadas aplicando los modelos de ganancia diaria al promedio de cada quintil. Se observa una muy buena coincidencia entre la curva de preñez real y la estimada mediante el modelo de GDI en los biotipos 2/3H y H. En 2/3B, en cambio, no existió un ajuste tan preciso en ninguno de los dos modelos, aunque esta figura comprueba que la ganancia estival realmente tiene un efecto negativo sobre la fertilidad. Este fuerte antagonismo en los efectos de GDI y GDE en la probabilidad de preñez en del biotipo 2/3B se explica porque el hecho de que exista una alta GDE, necesariamente implica que antes ocurrió un baja GDI, por la alta incidencia del crecimiento compensatorio expuesta más arriba. Por lo tanto, si una

vaquillona gana poco peso en el invierno, y retarda su crecimiento hacia el período primavera-estival, probablemente al inicio del servicio todavía no haya alcanzado la pubertad, o la haya alcanzado muy próximo e este momento, con las repercusiones negativas que esto conlleva en la fertilidad de este biotipo de baja precocidad sexual, como ya fue discutido.

Figura 15. Porcentaje de preñez real y estimado por los modelos de predicción a partir de la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo. Los valores del eje horizontal corresponden a la ganancia diaria promedio de un quintil (número total de observaciones de cada biotipo dividido entre 5).



3. Predicción a partir del peso vivo y la ganancia diaria

También se ajustaron modelos que toman las variables de peso vivo en forma conjunta con las de ganancia diaria. Las ecuaciones con más de una variables son del tipo:

$$PP = \frac{e^{(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2)}}$$

donde:

PP = probabilidad de preñez

x1 = peso vivo (Pinv, Pprim)

x2 = ganancia diaria (GDI, GDE)

b0, b1, b2 = coeficientes

Las ecuaciones de este tipo que se ajustaron son las que consideran Pinv con GDI, y las que consideran Pprim con GDE. En el Cuadro 12 se muestran los coeficientes de estas ecuaciones para cada biotipo, y en el Anexo 19 se presentan los CMV y la significancia de las variables incluidos en los mismos modelos.

Cuadro 12. Coeficientes de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez (PP) a partir del peso inicial (Pinv) y la ganancia diaria invernal (GDI), y a partir del peso de primavera (Pprim) y la ganancia diaria estival (GDE), según biotipo.

Biotipo	Ecuación con Pinv y GDI			Ecuación con Pprim y GDE		
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₀	b ₁	b ₂
2/3 Brahman	-6.9367	0.0302	3.7321	-4.5109	0.0275	-3.0101
2/3 Hereford	-2.9104	0.0192	2.3863	-	-	-
Hereford	-14.7222	0.0785	7.6283	-19.3419	0.0840	6.2438

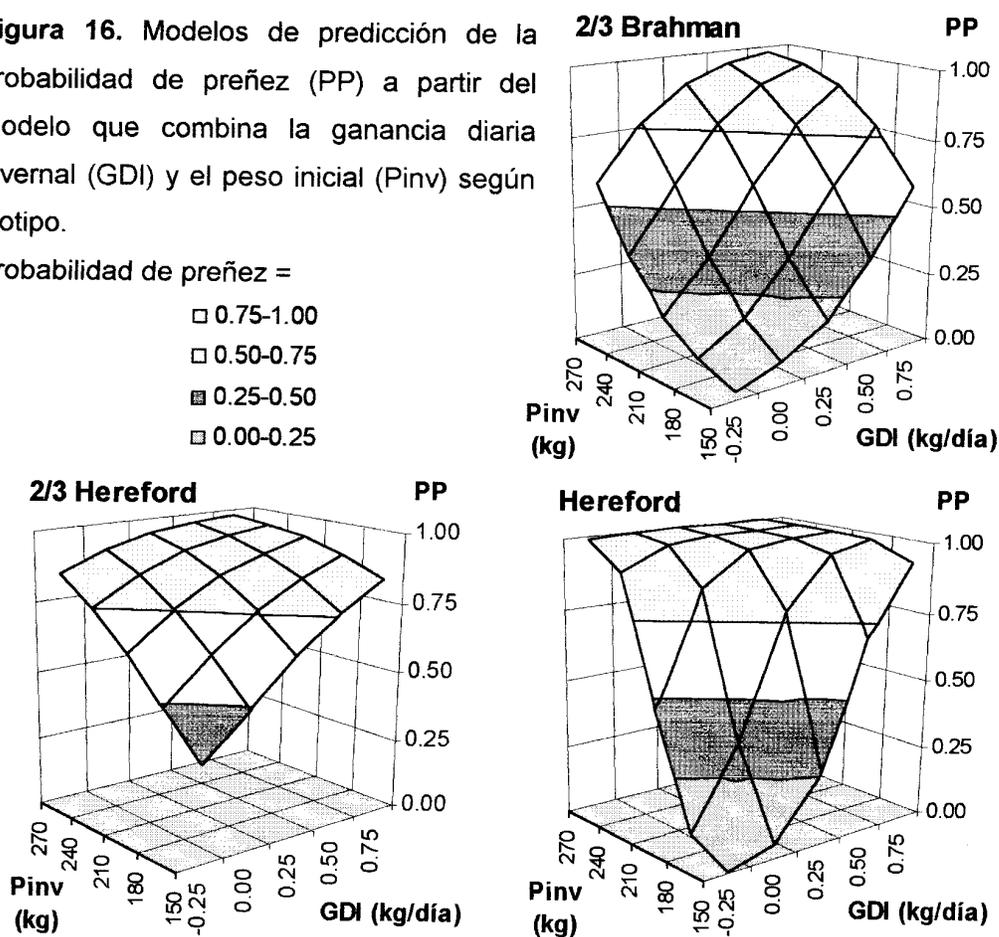
En el modelo que considera Pinv y GDI se observa un comportamiento de los biotipos muy similar a los modelos con una sola variable (ver Figura 16). El biotipo 2/3H es el más estable ante cambios en Pinv o en la GDI, mientras que las vaquillonas H son las más sensibles a un cambio en cualquiera de las dos variables. En este biotipo, se pueden alcanzar valores altos de probabilidad de preñez manejando cualquiera de las dos variables por separado. Es decir que si se parte de pesos iniciales bajos, se

pueden alcanzar muy buenos porcentajes de preñez logrando altas GDI. Del mismo modo, si se parte de Pinv altos, con GDI muy bajas se pueden lograr las mismas PP. Por lo tanto, en H, la GDI pierde importancia relativa a medida que aumentan los valores de Pinv.

Figura 16. Modelos de predicción de la probabilidad de preñez (PP) a partir del modelo que combina la ganancia diaria invernal (GDI) y el peso inicial (Pinv) según biotipo.

Probabilidad de preñez =

- 0.75-1.00
- 0.50-0.75
- 0.25-0.50
- 0.00-0.25



En el biotipo 2/3B, en cambio, para lograr altas probabilidades de preñez es necesario que tanto el Pinv como la GDI sean altos, y no alcanza con modificar una sola variable por separado.

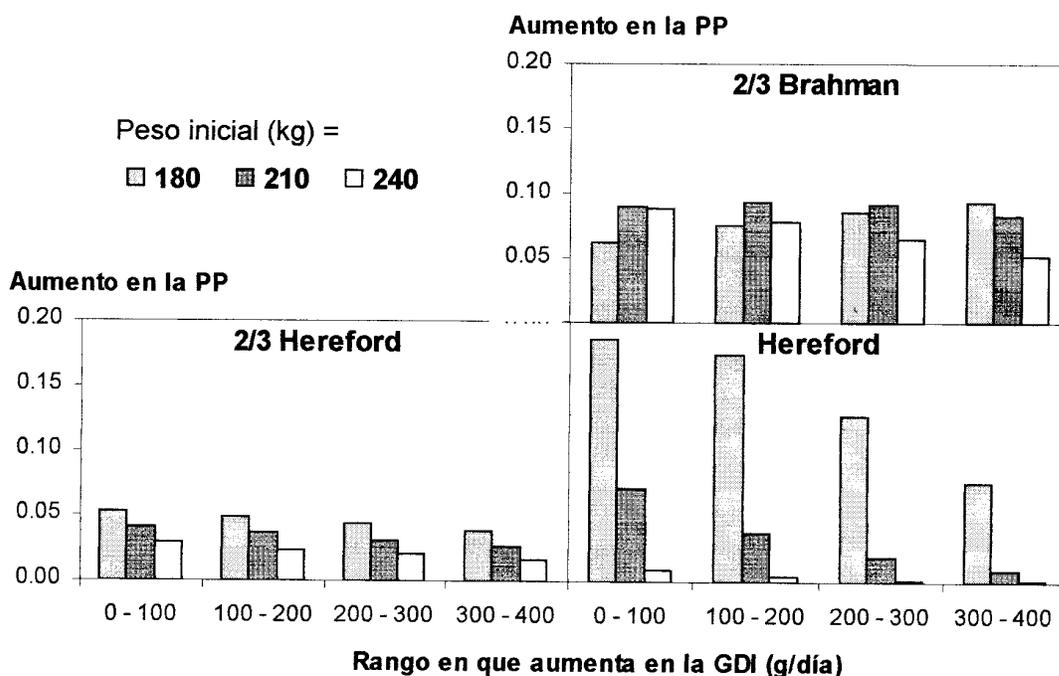
Relaciones similares entre el peso inicial (o al destete) y la ganancia posdestete fueron reportadas por Wiltbank *et al.* (1966) en la edad a la pubertad de razas británicas. Estos autores encontraron que la ganancia predestete (similar al Pinv en este trabajo) afectó significativamente la edad a la pubertad en ambos planos de alimentación posdestete, mientras que la ganancia posdestete solamente afectó la edad a la pubertad en el nivel bajo de alimentación. En otro trabajo, Wiltbank *et al.* (citado por Plasse *et al.*, 1968) reportaron una correlación de -0.23 entre el peso al destete y la edad a la pubertad, y de -0.77 entre esta variable y la ganancia diaria posdestete.

La interacción que existió entre los efectos de Pinv y GDI fue muy clara, ya que el efecto que produce una misma modificación en una variable depende del nivel de la otra variable. La magnitud de esta interacción, a su vez depende del biotipo (Figura 17). En H, por ejemplo, pasar de 0 a 100 g de GDI en este biotipo produce un aumento en la probabilidad de preñez de 0.19 cuando el Pinv es 180 kg, pero el aumento es de 0.07 cuando el Pinv es de 210 kg. Sin embargo, un aumento de la misma magnitud (100 g), pero para aumentar la GDI de 300 a 400 g, produce un aumento en la probabilidad de preñez de 0.08 cuando el Pinv es de 180 kg, y de apenas 0.01 cuando el Pinv es de 210 kg. En la Figura 17 se puede ver más claramente este efecto. Un efecto similar de la ganancia media diaria (GMD) y del peso vivo en la edad a la pubertad fue encontrado por Wiltbank *et al.* (1966), quienes concluyeron que cuando se está en una situación de bajas GMD posdestete, pequeñas diferencias en la GMD provocan un adelanto muy importante en la edad a la pubertad (41.2 días por cada 100 g/día), mientras que cuando se está en una situación de altas GMD posdestete, los cambios en la GMD no provocan cambios en la edad a la pubertad, y si lo hacen, son de muy baja magnitud. A partir de esto, los autores sugieren que el peso no es el único factor que interviene en la edad a la pubertad, y que después de cierto peso la variación en la GMD no tiene efecto en adelantar la pubertad.

Se observa que en el biotipo 2/3B existe un aumento importante en la PP en respuesta a la GDI, aún a altos pesos iniciales, lo que resalta la importancia de

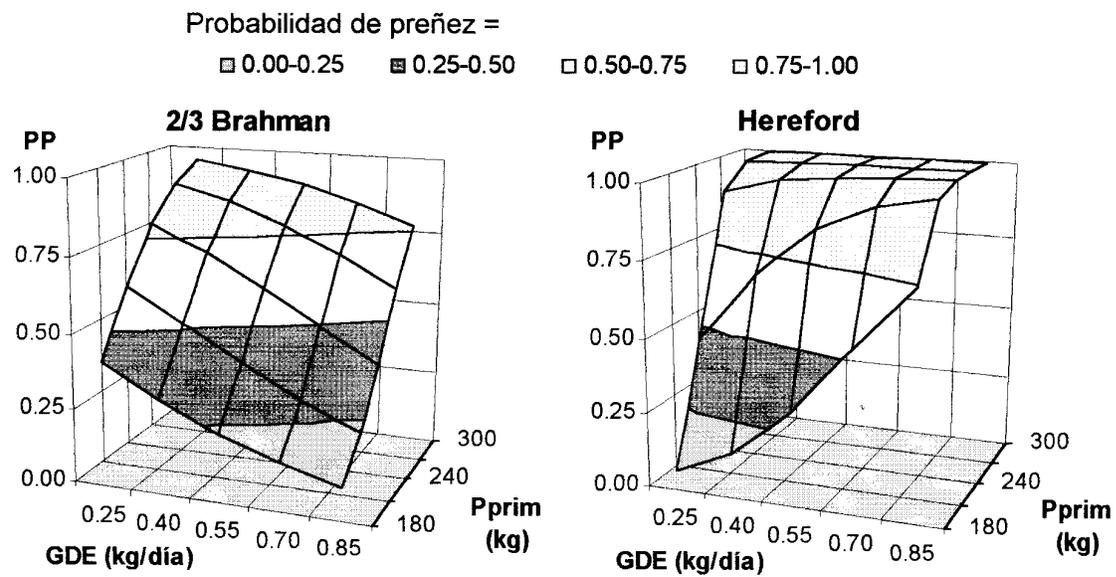
manejar las dos variables si se pretende lograr aumentos en la PP en este biotipo. Nuevamente la baja precocidad sexual es lo que explica este comportamiento.

Figura 17. Aumento en la probabilidad de preñez (PP) por aumentar 100 g/día la ganancia diaria invernal (GDI) en diferentes rangos según el peso inicial por biotipo.



El modelo que considera Pprim y GDE (Figura 18) tiene un comportamiento muy diferente según el biotipo. En las vaquillonas 2/3B la GDE tiene un efecto negativo en la probabilidad de preñez. Es decir que, a igual Pprim, a medida que aumenta la GDE disminuye la probabilidad de preñez. En H, por el contrario, un cambio en la GDE produce un aumento importante en la probabilidad de preñez cuando los Pprim son bajos, pero el impacto disminuye a altos Pprim. Este comportamiento está muy relacionado a la incidencia que tiene un retraso en la curva de crecimiento en cada biotipo.

Figura 18. Modelo de predicción de la probabilidad de preñez (PP) a partir del modelo que combina el peso de primavera (Pprim) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.



V. CONCLUSIONES

- En ocasiones, el crecimiento compensatorio eliminó totalmente las diferencias producidas por una restricción nutricional durante el primer invierno posdestete. La capacidad de manifestar crecimiento compensatorio dependió del biotipo, y se relacionó con su adaptación al medio. A igual ganancia de peso invernala, las vaquillonas Hereford tuvieron menor tasa de crecimiento primavero-estival que las cruza Brahma, lo que en ocasiones impidió que logren compensar una restricción invernala.
- Una restricción invernala deprimió el porcentaje de preñez de las vaquillonas, independientemente del grado de compensación estival.
 - ⇒ A similar peso inicial y de entore, la fertilidad estuvo determinada por la ganancia de peso invernala.
 - ⇒ Las vaquillonas restringidas menos severamente durante el invierno lograron mayores porcentajes de preñez, aún cuando alcanzaron un peso de entore sensiblemente inferior.
- El grado en que una restricción invernala deprimió la fertilidad dependió del biotipo. En las vaquillonas 2/3 Brahma, de baja precocidad sexual, el efecto fue muy marcado. En 2/3 Hereford y Hereford, la magnitud en que una restricción invernala redujo el porcentaje de preñez fue similar, y considerablemente inferior que en 2/3 Brahma.
- El peso de primavera, producto del peso inicial y la ganancia de peso invernala, es la variable que mejor explicó la fertilidad, ya que sería un mejor indicador del desarrollo sexual de las vaquillonas. El peso al inicio del servicio, en cambio, no considera la distribución estacional de la ganancia, por lo que no fue un buen indicador de la fertilidad.

- Los modelos que mejor predijeron la probabilidad de preñez son los que consideraron el peso inicial y la ganancia de peso invernal, es decir los que tomaron a P_{prim} , ó a $P_{inv} + GDI$ como variables independientes.
- Los modelos marcan diferencias de fertilidad entre biotipos frente a modificaciones en los factores que la determinan. Las vaquillonas 2/3 Herefrd fueron las más estables en su PP frente a modificaciones en los distintos parámetros: tuvieron las mayores PP a bajos pesos o ganancias diarias, pero respondieron muy lentamente frente a aumentos en dichas variables. Las Hereford, en cambio, fueron las que más respondieron a modificaciones en el peso o la ganancia diaria, partiendo de muy baja PP y alcanzando rápidamente la máxima fertilidad frente a aumentos en estas variables. El biotipo 2/3 Brahman presenta una respuesta intermedia a los anteriores, pero con una fertilidad sensiblemente inferior frente a un mismo valor de la variable considerada.

VI. IMPLICANCIAS

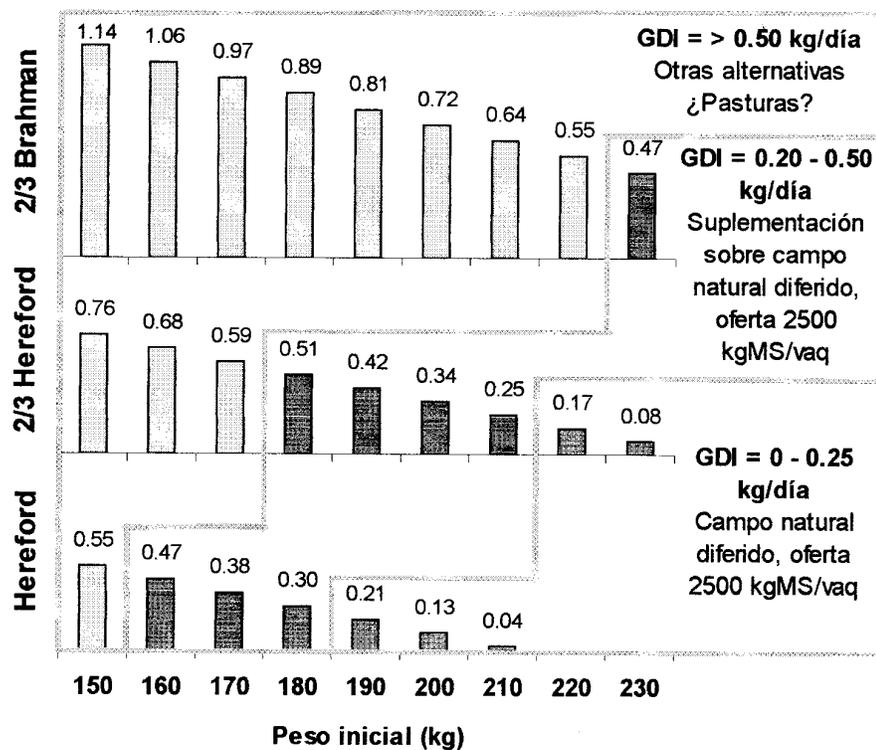
De lo analizado hasta el momento, queda establecido que para lograr adecuados porcentajes de preñez en el servicio a los 18 meses no alcanza con fijarse como meta un peso crítico de entore, sino que hay que tener en cuenta otras variables como la distribución estacional de la ganancia. También se refirió a las diferencias que existen entre biotipos en su comportamiento reproductivo que hacen que la respuesta al aumento en el peso vivo o en la ganancia diaria sea muy distinta. Estas diferencias en el comportamiento implica que la respuesta física, y por lo tanto económica, a una determinada estrategia de manejo va a depender del biotipo. Es decir que ante una situación determinada, la estrategia de manejo a seguir para lograr el mayor impacto tiene que ser evaluada en función del biotipo.

De los modelos de predicción de fertilidad propuestos en este trabajo, el que relaciona la probabilidad de preñez con P_{prim} es el que presenta mejores posibilidades de aplicación práctica por su simpleza y por ser uno de los que mejor se ajustó a los datos en los tres biotipos. Este modelo puede ser usado como herramienta para definir estrategias de manejo, aunque es importante aclarar que todos los modelos propuestos en este trabajo tendrían validez práctica solamente bajo condiciones de clima y pasturas similares a donde se generó la información (Anexos 1 a 4). Otra consideración importante en relación al modelo de P_{prim} es que se podría aplicar siempre que las vaquillonas permanezcan durante el período primavero-estival sobre campo natural. Su extrapolación a condiciones de clima, pasturas y manejo diferentes podría resultar errónea. El objetivo de este capítulo es mostrar algunas situaciones donde podrían aplicarse los modelos de predicción de preñez. En estos ejemplos se utilizó el que considera a P_{prim} como variable independiente.

A. DEFINICIÓN DE UN OBJETIVO DE GANANCIA INVERNAL

El modelo de Pprim puede utilizarse para, una vez definido el porcentaje de preñez a lograr, fijar un objetivo de ganancia de peso invernal. En la Figura 19 se muestra un ejemplo donde se fija como meta un 85% de preñez, y mediante el modelo de Pprim se establece cual debería ser la ganancia invernal para alcanzarla. Las alternativas sugeridas para lograr determinada ganancia durante el invierno surgen de la base de datos analizada.

Figura 19. Ganancia invernal (kg/día) necesaria para alcanzar un peso de primavera que permita obtener un 85% de preñez según peso inicial por biotipo.



El Pprim que deben alcanzar los distintos biotipos para lograr el 85% de preñez se sitúa en los 215, 240 y 285 kg para H, 2/3H y 2/3B, respectivamente. Sin embargo, cabe recordar que existe un rango de porcentajes de preñez que se pueden obtener con un mismo Pprim. Es así que con los valores mencionados, se pueden obtener

porcentajes de preñez de entre 73 y 93% en H, entre 80 y 89% en 2/3H, y entre 75 y 92% en el caso de 2/3B.

B. EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE GANANCIA INVERNAL

A un peso inicial determinado, la estrategia de suplementación invernal a implementar depende del biotipo. En el Cuadro 13 se muestra un ejemplo del impacto de una serie de alternativas de suplementación frente a un testigo, en animales con un peso inicial, a mediados de mayo, de 180 kg. Las ganancias diarias propuestas para cada alternativa fueron tomadas de la base de datos analizada. En este ejemplo teórico se analizan estrategias de suplementación, pero el mecanismo es válido para otros manejos alimenticios.

Cuadro 13. Evaluación teórica mediante el modelo de peso de primavera (Pprim) de distintas estrategias de suplementación invernal en vaquillonas con un peso inicial de 180 kg, según biotipo.

		Tratamiento durante el invierno					
		CN	Exp. Algodón		Pellet Trigo		AA
Nivel de suplemento	kg/an/día	-	0.5	1	1	2	1.5
Ganancia esperable	kg/día	0.150	0.362	0.507	0.343	0.428	0.300
Ganancia en 110 días	kg	17	40	56	38	47	33
Ganancia sobre CN	kg	-	23	39	21	31	17
Conversión	kg/kg PV	-	2.4	2.8	5.2	7.2	10.0
Pprim	kg	197	220	236	218	227	213
% de preñez esperable en función del Pprim	2/3B	27.2	43.6	56.1	42.0	49.3	38.5
	2/3H	70.4	79.1	83.8	78.4	81.4	76.7
	H	63.1	89.7	96.4	88.3	93.6	84.4
Aumento en el % de preñez sobre CN	2/3B	-	16.5	28.9	14.9	22.1	11.3
	2/3H	-	8.7	13.5	8.0	11.0	6.4
	H	-	26.7	33.3	25.2	30.5	21.4
Incremento en el % de preñez por kg ganado sobre CN	2/3B	-	0.71	0.74	0.70	0.72	0.69
	2/3H	-	0.37	0.34	0.38	0.36	0.39
	H	-	1.14	0.85	1.19	1.00	1.29

CN = campo natural diferido con una oferta inicial de 2500 kgMS/animal AA = afrecho de arroz

Se observan grandes diferencias entre biotipos en cuanto al impacto de una misma estrategia. Mientras en H el porcentaje de preñez aumenta entre 0.85 y 1.29 puntos porcentuales por cada kg que aumenta el Pprim por encima del peso esperable con solamente campo natural, en el biotipo 2/3H la respuesta es de apenas de entre 0.34 y 0.39. Estas diferencias en la respuesta física tienen implicancias económicas muy importantes, porque determina el retorno que va a tener una determinada estrategia de ganancia de peso a través del aumento en la PP.

C. IMPACTO DE UNA ESTRATEGIA DE GANANCIA INVERNAL EN FUNCIÓN DEL PESO INICIAL

El modelo de Pprim también podría ser utilizado para definir, a partir de un determinado potencial de ganancia invernal, cuál es el peso inicial por encima del cual no existiría respuesta al aumento del peso vivo en cada biotipo. En el Cuadro 14 y en la Figura 20 se muestra un ejemplo de como el peso inicial y el biotipo determinan que el impacto de una misma estrategia sea muy diferente.

En H se observa que a medida que aumenta el Pinv, la respuesta a la suplementación decrece, ya que cada vez es menor el aumento en el porcentaje de preñez sobre el testigo. En 2/3B, en cambio, la respuesta es inversa, y a medida que aumenta el Pinv el porcentaje de preñez aumenta cada vez más por encima de CN, aunque las diferencias son de menor magnitud que en H. En el biotipo 2/3H la respuesta es relativamente baja y constante, aunque tiene una tendencia similar a H.

Esto indica que cada biotipos tiene un “peso inicial crítico” por encima del cual la respuesta a una misma estrategia de ganancia invernal probablemente no genere beneficios que justifiquen su aplicación.

Cuadro 14. Evaluación teórica con el modelo de peso de primavera (Pprim) de la respuesta en porcentaje de preñez a la suplementación con 0.5 kg/an/día de expeller de algodón según el peso inicial (Pinv) por biotipo.

		Pinv (kg)					
		160		180		200	
		CN	S	CN	S	CN	S
Nivel de suplemento	kg/vaq/día	-	0.5	-	0.5	-	0.5
Ganancia esperable	kg/día	0.150	0.362	0.150	0.362	0.150	0.362
Ganancia en 110 días	kg	17	40	17	40	17	40
Ganancia sobre CN	kg	-	23	-	23	-	23
Conversión	kg/kg PV	-	2.4	-	2.4	-	2.4
Pprim	kg	177	200	197	220	217	240
% de preñez esperable en función del Pprim	2/3B	16.6	29.3	27.2	43.6	41.1	59.1
	2/3H	61.5	71.7	70.4	79.1	78.0	84.9
	H	29.6	68.3	63.1	89.7	87.4	97.3
Aumento en el % de preñez sobre el Testigo	2/3B	-	12.6	-	16.5	-	18.0
	2/3H	-	10.3	-	8.7	-	6.9
	H	-	38.7	-	26.7	-	9.9
Incremento en el % de preñez por kg ganado sobre el testigo	2/3B	-	0.54	-	0.71	-	0.77
	2/3H	-	0.44	-	0.37	-	0.30
	H	-	1.66	-	1.14	-	0.42

CN = campo natural diferido con una oferta de 2500 kgMS/animal, sin suplementación.

S = similar a CN, pero suplementado con 0.5kg/an/día de expeller de algodón.

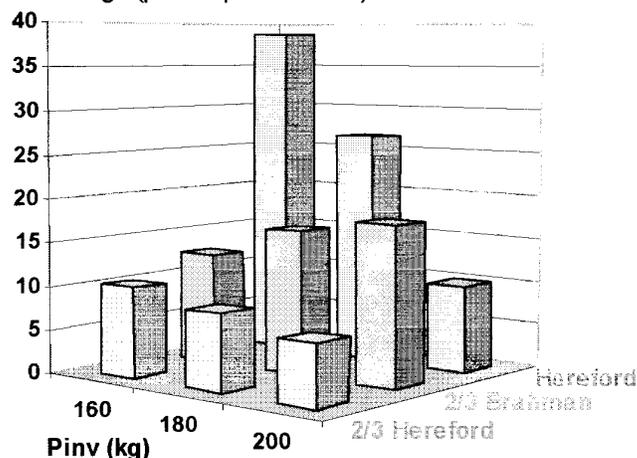
Pinv = mediados de Mayo Pprim = mediados de septiembre Entore = mediados de febrero

Figura 20. Cálculo teórico con el modelo de peso de primavera (Pprim) del aumento en el porcentaje de preñez sobre el testigo por suplementar con 0.5 kg/an/día de expeller de algodón según el peso inicial (Pinv) por biotipo.

Testigo = campo natural diferido, con una oferta de forraje de 2500 kg/MS/an, GDI = 150 g/día

Suplementación = durante 110 días (may – sep) con 0.5 kg/an/día expeller de algodón, GDI = 362 g/día

Aumento en el porcentaje de preñez sobre el testigo (puntos porcentuales)



VII. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue identificar las principales variables relacionadas a la evolución de peso vivo que afectan la fertilidad de vaquillonas Hereford (H) y cruza Brahman x Hereford entoradas a los 18 meses, y mediante estas generar modelos simples de predicción del porcentaje de preñez en cada biotipo. Para esto se analizó una base de datos de 539 individuos de los biotipos 2/3 Brahman (2/3B), 2/3 Hereford (2/3H) y Hereford (H) que contaba con la siguiente información: peso inicial (P_{inv}), peso de primavera (P_{prim}), peso de entore (P_{ento}), ganancia diaria invernal (GDI), ganancia diaria primavera-estival (GDE) y la ganancia diaria total (GDT). Los datos se analizaron separándolos en grupos según diferentes criterios. Para establecer las diferencias entre estos grupos de vaquillonas en las variables continuas se realizó análisis de varianza mediante el proc GLM (SAS V8, 1999) y se compararon las medias de mínimos cuadrados por el test de Tukey-Kramer. Los porcentajes de preñez entre grupos se compararon por Chi cuadrado. Los modelos de probabilidad de preñez se construyeron basándose el proc GENMOD (SAS V8, 1999), utilizando todos los datos de cada biotipo.

Existió una alta incidencia del crecimiento compensatorio, fundamentalmente cuando la GDI inferior a 250 g/día, por encima de esta valor solamente el biotipo 2/3 B mostró correlación entre la GDI y la GDE, aunque de menor magnitud. Existieron diferencias entre biotipos en el período primavera-estival relacionadas con la adaptación al ambiente ya que, ante una misma GDI, la GDE disminuyó con la proporción de genes Brahman, lo que limitó la capacidad de compensar una restricción en las vaquillonas H.

Se dividieron las observaciones de cada biotipo por sus medias de GDI y GDE en cuatro cuadrantes: alta GDI - alta GDE (AA), alta GDI - baja GDE (AB), baja GDI - alta GDE (BA) y baja GDI - baja GDE (BB). En los biotipos 2/3H y 2/3B, los cuadrantes AB y BA tuvieron similar P_{inv} y P_{ento}, pero se diferenciaron en la distribución

estacional de la ganancia, observándose diferencias en el porcentaje de preñez a favor de AB de 16 puntos (91% vs. 75%) para 2/3H ($P < 0.0116$) y de 40 puntos (69% vs. 29%) para 2/3B ($P < 0.0001$). En H, esta diferencia fue de 20 puntos (74% vs. 94%, $P < 0.0402$), aunque en este biotipo el cuadrante AB tuvo un Pento 18 kg mayor ($P < 0.05$). Comparando los cuadrantes restringidos en el invierno, surge que BB tuvo un mayor Pprim, lo que se revirtió totalmente ya que BA logró un mayor Pento. Sin embargo, la diferencia en Pprim provocó que el porcentaje de preñez de BB sea 13 ($P < 0.1313$) y 31 ($P < 0.0019$) puntos porcentuales menor que el de BA en 2/3H y 2/3B, respectivamente. En H, el escaso número de observaciones limitó el análisis.

Las variables de peso vivo (Pinv, Pprim y Pento) se mostraron como buenas predictoras de la probabilidad de preñez (PP) en los tres biotipos. En el caso de 2/3B, estos modelos mejoran su ajuste cuando se les agregó un término cuadrático. La GDI también mostró buena capacidad de predicción en los tres biotipos, mientras que la GDE solamente se ajustó en el caso de 2/3B. Cuando se combinaron las variables de peso vivo con las de ganancia diaria, el modelo de Pinv + GDI presentó un buen ajuste en los tres biotipos, mientras que el de Pprim + GDE explicó la PP en H y 2/3B, pero no en 2/3H. El modelo de Pprim, y su similar de Pinv + GDI son los que presentaron mejor ajuste relativo a los datos en los tres biotipos.

A partir de estos resultados se concluye que el peso de entore pierde importancia relativa como predictor de la fertilidad en el servicio a los 18 meses, ya que otras variables que consideran tanto el peso inicial y la distribución estacional de la ganancia, como el Pprim, serían un mejor indicador de la fertilidad de las vaquillonas en esquemas de servicio anticipado, fundamentalmente en biotipos de baja precocidad sexual. Por esto, se concluye el modelo de predicción del porcentaje de preñez a partir del peso de primavera es una buena herramienta para la toma de decisiones en el manejo de este tipo de recría, ya que considera tanto el peso inicial como la ganancia de peso invernal.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ABDALLA, H. O.; FOX, D. G.; THONNEY, M. L. 1988. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. *Journal of Animal Science*. 66, 2687-2695.
2. AHMAD, B. A.; BROWN, C. J.; RAY, M. L. 1981. Growth relationships associated with first conception and calving of beef heifers on Bermuda - Fescue pasture. *Journal of Animal Science*. 52, 580-588.
3. ALENCAR, M. M.; SILVA, A. H. G.; BARBOSA, P. F. 1981. Efeitos de consangüinidade sobre os pesos ao nascimento e a desmama de bezerros de raça Canchim. *Revista de Sociedade Brasileira de Zootenia*. 10, 156-172.
4. ALLDEN, W. G. 1981. Energy and protein supplements from grazing livestock. In: F. H. W. Morley (Ed.) *Grazing Scientific Pub. Co. N. Y.* pp. 189-308.
5. ARIAS, A. A.; IBARRE, J. C.; PANARIO, C. A.; SLOBOLZIAN, A. 1986. Crecimiento desde el nacimiento hasta la madurez de hembras Brahman, Hereford y sus cruza. *Variación de peso estacionales. Revista Argentina de Producción Animal*. 6, 695-706.
6. ARIJE, G. F.; WILTBANK, J. N. 1971. Age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 33, 401-406.
7. ARNETT, D. W.; HOLLAND, G. L.; TOTUSEK, R. 1971. Some effects of obesity in beef females. *Journal of Animal Science*. 33, 1129-1136.
8. AXELSEN, A.; MORLEY, F. H. W. 1976. The effect of plane of nutrition on reproductive performance of early-weaned heifers. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production, Sydney*. 11, 241-244.
9. BAKER, A. A. 1967. The pattern of estrous behavior in Shaiwal x Shorthorn heifers in South Eastern Queensland. *Australian Veterinary Journal*. 43, 140.
10. BELLOWS, R. A.; THOMAS, O. O.; RILEY, T. M.; GIBSON, R. B.; KIEFFER, N. M.; URICK, J. J.; PAHNISH O. F. 1965. Feed effects on puberty in beef heifers. *American Society of Animal Science. Western Section Proceedings*. 16:XII.
11. BERGE, P. 1991. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). *Livestock Production Science*. 28, 179-201.
12. BOLTON, R. C., FRAHM, R. R.; CASTREE, J. W.; COLEMAN, S. W. 1987. Genotype x environment interactions involving proportion of Brahman breeding

- and season of birth. II - Postweaning growth, sexual development and reproductive performance of heifers. *Journal of Animal Science*. 65, 48-55.
13. BOND, J.; WILTBANK, J. N. 1970. Effect of energy and protein on estrus, conception rate, growth and milk production of beef females. *Journal of Animal Science*. 30, 438-444.
 14. BONSMAN, J. C. 1973. Estudios sobre selección de ganado. Worthman. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur. 131 p.
 15. BRUNBY, P. J.; WALKER, D. K.; GALLAGHER, R. M. 1963. Factors associated with growth in beef cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 6, 526-537.
 16. BUSKIRK, D. D.; FAULKNER, D.B.; IRELAND, F. A. 1995. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. *Journal of Animal Science*. 73, 937-946.
 17. BUTLER-HOGG, B. W.; TULLOH, N. M. 1984. Growth patterns in sheep: the chemical composition of the empty body and its constituent parts during weight loss and compensatory growth. *Journal of Agricultural Science*. 103, 17-24.
 18. BYERLEY, D. J.; STAIGMILLER R. B.; BERARDINELLI, J. G.; SHORT, R. E. 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *Journal of Animal Science*. 65, 645-650.
 19. CALCE GALLO, H. R. 1980. Posibilidades del Hereford en el Cruzamiento. *Revista Hereford (Argentina)*. Nº 477/ 478, 348-358.
 20. CARRIQUIRY, A. 1981. Evaluación del crecimiento de toritos Hereford y Aberdeen Angus sometidos a prueba de comportamiento en Centro de Prueba. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 180p.
 21. CARTER, A. H.; COX, E. H. 1973. Observations on yearling mating of beef cattle. *New Zealand Society of Animal Production, Palmerston North*. 33, 94-113.
 22. CARTWRIGHT, T. C.; ELLIS G. F.; KRUSE, W. E.; CROUCH E. K. 1964. Hybrid vigor in Brahman Hereford crosses. *Texas Agricultural Experimental Station. Technical Monography*. 1.
 23. CLANTON, D. C.; ZIMMERMAN, D. R. 1970. Symposium on pastures methods for maximum production in beef cattle. Protein and energy requirements for female beef cattle. *Journal of Animal Science*. 30, 122.

24. _____; JONES, L. C.; ENGLAND, M. E. 1983. Effect of rate and time of gain after weaning on the development of replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*. 56, 280-285.
25. CONDRAD, H. R.; PRATT, A. D; HIBBS, J. W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. EN: Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*. 47, 54-61.
26. CRICHTON, J. A.; ALKEN, J. N.; BOYNE, A. W. 1959. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. *Animal Production*. 1, 145.
27. CRONJÉ, P. B. 1990. Supplementary feeding in ruminants - A physiological approach. *South African Journal of Animal Science*. 20, 110-117.
28. CUNDIFF, L. V. 1970. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *Journal of Animal Science*. 30, 694-705.
29. CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; GREGORY, K. E. 1984. Characterization of biological types of cattle-cycle III: IV. Postweaning growth and feed efficiency. *Journal of animal science*. 58, 312-323.
30. CHEW, B. P.; RANDEL, R. D.; ROUQUETTE, F. M.; ERB, R. E. 1978. Effects of dietary monensin and sex of calf on profiles of serum progesterone and estrogen in late pregnancy of first-cross Brahman - Hereford cows. *Journal of Animal Science*. 46, 1316-1325.
31. DELAND, M. P.; JAKES, E. J.; GILES, W. G. 1974. Beef production from Charolais, Brahman and Hereford sired calves under commercial management. *Proceedings of the Australian Society of animal Production*. 10, 17-20.
32. DONALDSON, L. E.; RITSON, J. R.; COPEMAN, D. B. 1967. The reproductive efficiency of several North Queensland beef herds. 1- Physiological and management factors and embryonic neonatal losses. *Australian Veterinary Journal*. 43, 1-6.
33. DRENNAN, M. J. 1979. Compensatory growth in cattle. 1- Influence of feeding level during the first winter (9 to 14 months of age) on subsequent performance and carcass composition. *Irish Journal of Agricultural Research*. 18, 131-143.
34. DREW, K. R.; REID, J. T. 1975. Compensatory growth in immature sheep. III- Feed utilization by sheep subjected to feed deprivation followed by realimentation. *Journal of Agricultural Science*. 85, 215-220.

35. DROUILLARD, J. S.; FERRELL, C. L.; KLOPFENSTEIN, T. T.; BRITTON, R. A. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *Journal of Animal Science*. 69, 811-818.
36. DUFOUR, J. J. 1975. Influence of postweaning growth rate on puberty and ovarian activity in heifer. *Canadian Journal of Animal Science*. 55, 93-100.
37. ELLIS, R. W. 1974. The relationship between percentage calving and weight at joining in yearling Hereford heifers. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production, Sydney*. 10, 55-58.
38. EPSTEIN, J. 1972. Studies on the relationships between the cattle breeds in Africa, Asia and Europe. *World Review of Animal Production*. 8, 4856
39. EVANS, J. B. 1963. Adaptation to subtropical environments by zebu and British breeds of cattle in relation to Erythrocyte characters. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14, 559-571.
40. EVERITT, G. G.; JURY, K. E. 1977. Growth of cattle in relation to nutrition in early life. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 20, 129-137.
41. FATTET, I. M.; ALLOCATI, P. A.; VERTANESSIAN, C. G. 1985. Subnutrición energética y energético-proteica en terneros de destete. *Revista Argentina de Producción Animal*. 5, 127-137.
42. FERREIRA, P. R. C. 1981. Estudio Genético quantitativo de características ponderais em bovinos mesticos Chianina - Nelore. I- Efeitos de meio sexo e grau de sangue. EN: Reunao Anual de Sociedade Brasileirade Zootecnia, 18a., Goiania, 1981. Anais. Goiaania, 1981. In Reunião Anual de Sociedade Brasileira de Zootecnia, 18a., Goiânia, 1981, Anais.
43. FERRELL, C. L.; GARRETT, W. N.; HINMAN, N. 1976. Growth, development and composition of the udder and gravid uterus of beef heifers during pregnancy. *Journal of animal Science*. 42, 1477-1489.
44. _____ . 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and reproductive performance of heifers of different breeds. *Journal of Animal Science*. 55, 1272-1283.
45. FLORES, J.; VERDE, L. S.; JOANDET, G.; GIL, E. A.; TORRES, F. 1974. Efecto del nivel de restricción y su duración sobre el crecimiento compensatorio de novillos A. Angus. *Producción Animal*. 3, 443-461.
46. FOOT, J. Z.; TULLOH, N. M. 1977. Effects of two paths of live-weight change on the efficiency of feed use and on body composition of Angus steers. *Journal of Agricultural Science*. 88, 135-142.

47. FOX, D. G.; JOHNSON, R. R.; PRESTON, R. L.; DOCKERTY, T. R.; KLOSTERMAN, E. W. 1972. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 34, 310-318.
48. FRANKE, D. E.; CROCKETT, J. R. 1974. Rotational crossbreeding for beef production. *Span*. 17, 64-66.
49. FREETLY, H. C.; CUNDIFF, L. V. 1997. Postweaning growth and reproduction characteristics of heifers sired by bulls of seven breeds and raised on different levels of nutrition. *Journal of Animal Science*. 75, 2841-2851.
50. FRISCH, J. E.; VERCOE, J. E. 1969. Liveweight gain, food intake and eating rate in Brahman, Africander, and Shorthorn x Hereford cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 20, 1189-1195.
51. _____. 1973. Comparative drought resistance of *Bos indicus* and *Bos taurus* crossbred herds in central Queensland. 2- Relative mortality rates, calf birth weight and weight changes of breeding cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 13, 117-126.
52. _____. 1976. A model of reasons for breeding differences in growth of cattle in the tropics. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 11, 85-88.
53. _____; VERCOE, J. E. 1977. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Animal Production*. 25, 343-358.
54. _____; VERCOE, J. E. 1978. Utilización de las diferencias raciales en el crecimiento de los bovinos en los trópicos. *Revista Mundial de Zootecnia*. 25, 8-12.
55. _____; VERCOE, J. E. 1983. Genetic attributes required for efficient cattle production in the tropics. In: Baker, F. H.; Miller, M. E., eds. *Beef cattle science handbook*. 20, 244-253.
56. GIL, S.; IACOVAZZO, G.; MORIXE, M. 1984. Comportamiento y características de reses de cruces continentales y cebuinas por Hereford en dos ambientes contrastantes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 183 p.
57. GIMENO, D.; AGULAR, I.; AVENDAÑO, S.; NAVAJAS, E. 2000. La ventaja del novillo cruzado en sistemas extensivos de producción: Períodos de crecimiento: destete – tres años de edad. In *Seminario de Actualización Técnica: Cruzamientos en bovinos para carne*. Serie de actividades de difusión 295, INIA Tacuarembó. pp 21-30.

58. GLEESON, P. A. 1972. Effect of plane of nutrition on spring-born calves during their first winter and on their subsequent growth rate and reproductive performance. *Irish Journal of Agricultural Research*. 11, 31-39.
59. GOMBE; SAMSON; WILLIAMS. 1973. Plasma lutenizing hormone (LM) and progesterone levels in heifers on restricted energy intakes. *Journal Animal Science*. 37, 728-733.
60. GRAHAM, N. M.; SEARLE, T. W. 1975. Studies of weaner sheep during and after a period of weight stasis. 1- Energy and nitrogen utilization. *Australian Journal of Agricultural Research*. 26, 343-353.
61. GRASS, J. A.; HANSEN, P. J.; RUTLEDGE J. J.; HAUSER, E. R. 1982. Genotype x environment interactions on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. *Journal of Animal Science*. 55, 1441-1457.
62. GREGORY, K. E.; SWIGER, L. A.; KOCH, R. M.; SUMPTION, L. J.; ROWDEN, W. W; INGALLS, J. E. 1965. Heterosis in preweaning traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 24, 21-29.
63. _____; SWIGER, L. A.; SUMPTION, L. J.; KOCH, R. M.; INGALLS, J. E.; ROWDEN, W. W.; ROTH LISBERGER, J. A. 1966a. Heterosis effects on growth rate of beef heifers. *Journal of Animal Science*. 25, 290-298.
64. _____; SWIGER, L. A.; SUMPTION, L. J.; KOCH, R. M.; INGALLS, J. E.; ROWDEN, W. W.; ROTH LISBERGER, J. A. 1966b. Heterosis effects on growth rate and feed efficiency of beef steers. *Journal of Animal Science*. 25, 299-310.
65. _____; LASTER, D. B.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; SMITH, G. M. 1978. Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. II- Growth rate and puberty in females. *Journal of Animal Science*. 47, 1042-1078.
66. _____; LASTER, D. B.; CUNDIFF, L. V.; SMITH, G. M.; KOCH, R. M. 1979. Characterization of biological types of cattle-cycle III: II. Growth rate and puberty in females. *Journal of Animal Science*. 49, 461-471.
67. HAFEZ, E. S. E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. Sexta edición. México, Interamericana, McGraw-Hill. 542 p.
68. HAUSER, E. R. 1984. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (*Bos taurus*: European breeds). *Theriogenology*. 21, 150-169.
69. HEARNshaw, H.; ATHUR, P. F.; BARLOW, R.; KOHUN, P. J.; DARNELL, R. E. 1994. Evaluation of *Bos indicus* and *Bos taurus* straightbreeds and crosses. II-

- Postweaning growth, puberty and size of heifers. *Australian Journal of Agricultural Research*. 45, 795-805.
70. HENNESSY, D. W.; KOHUN, P. J.; WILLIAMSON, P. J.; BROWN, D. A.; NOLAN, J. V. 1995. The effect of nitrogen and protein supplementation on feed intake, growth and digestive function of steers with different *Bos indicus*, *Bos taurus* genotypes when fed a low-quality grass hay. *Australian Journal of Agriculture Research*. 95, 1121-1136.
 71. HIRANAKA, R.; KOZUB, G. C. 1973. Compensatory growth of beef cattle restricted at two energy levels for two periods. *Journal of Animal Science*. 35, 709-715.
 72. HORTON, G. M. J.; HOLMES, W. 1978. Compensatory growth by beef cattle at grassland or on an alfalfa-based diet. *Journal of Animal Science*. 46, 297-303.
 73. HOWES, J. R.; HENTGRES, J. F.; DAVIS, G. K. 1963. Comparative digestive powers of Hereford and Brahman cattle. *Journal of Animal Science*. 22, 22.
 74. _____ 1964. Comparative growth and reproduction of Hereford and Brahman cattle in Florida. *Quarterly Journal of the Florida Academy of Science*, (Original not consulted; compiled in *Animal Breeding Abstracts*. 32(3), 1907-1964. 26, 368-380.
 75. HUNTER, R. A.; SIEBERT, B. D. 1985a. Utilization of low-quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* Cattle. 1- Rumen digestion. *British Journal of Nutrition*. 53, 637-648.
 76. _____; SIEBERT, B. D. 1985b. Utilization of low-quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* Cattle. 2- The effect of rumen-degradable nitrogen and sulphur on voluntary food intake and rumen characteristics. *British Journal of Nutrition*. 53, 649-657.
 77. _____; SIEBERT, B. D. 1986. The effects of genotype, age, pregnancy, lactation and rumen characteristics on voluntary intake of roughage diet by cattle. *Australian Journal of Agriculture Research*. 37, 549-560.
 78. _____; SIEBERT, B. D. 1987. The effect of supplements of rumen-degradable protein and formaldehyde-treated casein on the intake of low-nitrogen roughages by *Bos taurus* and *Bos indicus* steers at different stages of maturity. *Australian Journal of Agriculture Research*. 38, 209-218.
 79. ICAZA, E. A. 1977. Heterosis during lifetime performance of crossbred steers and heifers. *Dissertation Abstracts International (Serie B)* 37 (11), 5454. *Tomado de: Animal Breeding Abstracts* 46 (2), 662. 1978.

80. IMAKAWA, K.; DAY, M. L.; GARCIA-WINDER, M.; ZALESKY, D. D.; KITTOK, R. J.; SCHANBACKER, B. B.; KINDER, J. E. 1986. Endocrine changes during restoration of estrous cycles following induction of anoestrous by restricted nutrient intake in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 63, 565-571.
81. JOUBERT, D. M. 1954. The influence of winter nutritional depressions on the growth, reproduction and production of cattle. *Journal of Animal Science*. 14, 5.
82. _____ . 1955. The influence of high and low nutritional planes on the estrous cycle and conception rate of heifers. *Journal of Agricultural Science*. 45, 164-172.
83. _____ .1963. Puberty in female farm animals. *Animal Breeding Abstracts, Edinburgh*. 31, 295-306.
84. KENNEDY, J. F.; CHIRCHIR, G. I. K. 1971. A study of growth rate F2 and F3 Africander cross, Brahman cross and British cross from birth to 18 month old in a tropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 11, 593-598.
85. KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K. E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 22, 486-493.
86. KOGER, M.; PEACOCK, F. M.; KIRK, W. G.; CROCKETT. 1975. Heterosis effects on weaning performance of Brahman - Shorthorn calves. *Journal of Animal Science*. 40, 826.
87. _____ ; CUNHA, T. C.; WARNICK, A. C. 1976. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Traducido por Inés Pardo. Montevideo. Hemisferio Sur. 560 p.
88. LALMAN, D. L.; PETERSEN, M. K.; ANSOTEGUI, R. P.; TESS, M. W.; CLARK, A.; WILEY, J. S. 1993. The effects of ruminal undegradable protein, propionic acid, and monensine on puberty and pregnancy in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 71, 2843-2852.
89. LANGE, A. 1980. Suplementación de pasturas para la producción de carne. Buenos Aires, Comisión técnica Intercera de producción de carnes. 74 p.
90. LASTER, D. B.; GLIMP, H. A.; GREGORY, K. E. 1972. Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed-crosses of beef heifers. *Journal of Animal Science*. 34, 1031-1036.

91. _____; SMITH G. M.; GREGORY, K. E. 1976. Characterization of biological types of cattle. IV- Postweaning growth and puberty of heifers. *Journal of Animal Science*. 43, 63-70.
92. _____; SMITH, G. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. 1979. Characterization of biological types of cattle (Cycle II). II- Post-weaning growth and puberty of heifers. *Journal of Animal Science*. 48, 500-508.
93. LEDGER, H. P.; ROGERSON, A.; FREEMAN, G. H. 1970. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus*, *Bos taurus* and crossbred cattle. *Animal Production*. 12, 425-431.
94. _____; SAYERS, A. R. 1977. The utilization of dietary energy by steers during periods of restricted food intake and subsequent re-alimentation. 1- The effect of time on the maintenance requirements of steers held at constant live weights. *Journal of Agricultural Science*. 88, 11-26.
95. LEMENAGER, R. P.; SMITH, W. H.; MARTIN, T. G.; SNLE TON, W. L.; HODGES, J. R. 1980. Effects of winter and summer energy levels on heifers growth and reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 51, 837-842.
96. LESMEISTER, J. P.; BURFENING, P. J.; BLACKWELL, R. L. 1973. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *Journal of Animal Science*. 36, 1-6.
97. LÓPEZ SAUBIDET, C.; VERDE, L. S. 1973. Crecimiento compensatorio y consumo de materia seca en vacunos. *Biología y producción animal*. 10, 167:184. ✓
98. LORENTI, F. 1980. Comportamiento de toros de carne en Centros de Pruebas. Repartido mimeografiado. ✓
99. LYNCH, J. M.; LAMB, G. C.; MILLER, B. L.; BRANDT, R. T. (JR); COCHRAN, R. C.; MINTON, J. E. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. *Journal of Animal Science*. 75, 1715-1722.
100. MARQUISA, C.; URRUTIA J. M. 2001. Efecto de la suplementación invernal y el uso de capas protectoras en la ganancia de peso de terneras pastoreando campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 114p. ✓
101. MARSTON, T. T.; LUSBY, K. S.; WETTEMAN, R. P. 1995. Effects of postweaning diet on age and weight at puberty and milk production of heifers. *Journal of Animal Science*. 73, 63-68.
102. MASCARENHAS, R. D.; RIOS VASQUES, M. I. A. M.; ROBALDO SILVA, J.; PORTUGAL, A. V. 1986. Seasonal variation in the ovarian activity of beef cows

- assessed by monitoring progesterone concentrations. *Animal Reproduction Science*. 10, 251-259.
103. MASON, I. L. 1966. Hybrid vigor in beef cattle. *Animal Breeding Abstracts*. 34, 453-473.
 104. MC CARTOR, M. M.; RANDEL, R. D.; CARROLL, L. H. 1979. Dietary alteration of ruminal fermentation on efficiency of growth and onset of puberty in Brangus heifers. *Journal of Animal Science*. 48, 488-494.
 105. MCDONALD, R. P.; TURNER. 1972. Estimation of maternal heterosis in preweaning traits of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 35, 1143.
 106. MC DOWELL, R. E. 1970. La fisiología de la regulación del calor en el ganado. *La Hacienda*. 23-30.
 107. MENGE, A. C.; MARES, S. E.; TYLER, W. J.; CASIDA, L. E. 1960. Some factors affecting age at puberty and the first 90 days of lactation in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 43, 1099.
 108. MOORE, R. L.; ESSING, H. W.; SMITHSON, L. J. 1975. Influence of breeds of cattle on ration utilization. *Journal of Animal Science*. 41, 203-207.
 109. MORAN, J. B.; VERCOE, J. E. 1972. Some factors affecting apparent nitrogen digestibility of roughage diets fed to cattle. *Journal of Agricultural Science*. 78, 173-.
 110. _____; HOLMES, W. 1978. The application of compensatory growth in grass/cereal beef production systems in the United Kingdom. *World Review of Animal Production*. 14, 65-73.
 111. MORGAN, J. H. L. 1981. A comparison of breeds and their crosses for beef production. II- Growth and puberty of heifers. *Australian Journal of Agricultural Research*. 32, 839-844.
 112. MOSELEY, W. M.; MCCARTOR, M. M.; RANDEL, R. D. 1978. Effects of monensin on growth and reproductive performance of beef heifers. *Journal of Animal Science*. 45, 961-968.
 113. _____; DUNN, T. G.; KALTENDBACH, C. C.; SHORT, R. E.; STAIGMILLER, R. B. 1982. Relationship of growth and puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 55, 357-362.
 114. MURRAY, D. M.; SLAZECK, O. 1980. Growth pattern and its effect on feed utilization of sheep. *Journal of Agricultural Science*. 78, 417-423.

115. NELSEN, T. C.; LONG, C. R.; CARTWRIGHT, T. C. 1982. Post inflection growth in straightbred and crossbred cattle. II- Relationships. *Journal of Animal Science*. 55, 293-304.
116. NELSON, L. A.; BEAVERS, G. D. 1982. Beef x beef and dairy x beef females mated to Angus and Charolais sires. I- Pregnancy rate, dystocia and birth weight. *Journal of Animal Science*. 54, 1138-1982.
117. NELSON, R. A.; CARTWRIGHT, T. C. 1968. Inter-age correlations among weights of heifers. *Journal of Animal Science*. 27, 284.
118. NELSON, T. C.; KRESS, D. D. 1979. Estimates of heritabilities and correlation for production characters of Angus and Hereford calves. *Journal of Animal Science*. 48, 286-292
119. NICOLL, A. M.; KITESSA, S. M. 1995. Compensatory growth in cattle - revisited. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 55, 157-160.
120. O'DONOVAN, P. B. 1984. Compensatory gain in cattle and sheep. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and feeding*. 54, 389-410.
121. O'MARY, C. C.; DYER, I. A. 1978. *Commercial beef cattle production*. Lea & Febiger, Philadelphia, E.U.A.
122. O'KELLY, J. C. 1985. Possible contribution of rumen lipid synthesis to genetic differences in maintenance requirements. *Nutrition Reports International*. 31, 135-139.
123. _____; SPIERS, W. G. 1990. Rumen microbial lipid content and synthesis on cattle: effects of breed monensin and methionine. *Journal of Animal Physiology and Nutrition*. 63, 280-286.
124. _____; SPIERS, W. G. 1992. Possible contribution of protozoa to differences in rumen metabolism between cattle breeds. *Australian Journal of Agricultural Research*. 43, 1795-1808.
125. ORDEIX, R.; VINO, A. 1983. Evaluación del comportamiento reproductivo de vacas y vaquillonas Hereford y cruce Brahman sobre campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 265p.
126. PARRAUD, J. R. 1982. El cebú como raza cruzante irremplazable para las zonas tropicales y subtropicales. *Revista Cebú y Derivados (Argentina)*. Nº 415, 11-16.
127. PATTERSON, D. J.; CORAH, L. R.; BRETHOUR, J. R.; SPIRE, M. F.; HIGGINS, J. J.; KIRACOFÉ, G. H.; STEVENSON, J. S.; SIMMS, D. D. 1991. Evaluation of reproductive traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers, effects of postweaning energy manipulation. *Journal of Animal Science*. 69, 2349-2361.

128. PEREDA. 1981. Nuevo programa de mejoramiento para el ganado Bradford. Revista Cebú y Derivados (Argentina). 412, 10-16.
129. PETERS, R. R.; CHAPIN, L. T.; RMERY, R. S.; TUCKER, H. A. 1980. Growth and hormonal response of various photoperiods. Journal of Animal Science. 51, 1148-1153.
130. FIGURINA, G. 1993. Aspectos nutricionales de la suplementación de terneros en condiciones de pastoreo. EN: Campo Natural: Estrategia invernal, manejo y suplementación. Resultados experimentales, (mayo 1993). INIA Treinta y Tres. 29-34.
131. PINNEY, D. O.; POPE, L. S.; URBAN, K.; STEPHENS, D. 1961. Winter feeding studies with beef heifers. Oklahoma Agr. Exp. Sta. Misc. Pub. Nº MP-64.
132. PINNEY, D. O.; STEPHENS, D. F.; POPE, L. S. 1972. Lifetime effects of winter supplemental feed level and age at first parturition on range beef cows. Journal of Animal Science. 34, 1067-1074.
133. PITTALUGA, O.; VALLEDOR, F.; SCARSI, J. C. 1973. Aparición de pubertad en terneras provenientes de cruzamientos con toros Hereford, Limousin, Charolais y Holando sobre vacas Hereford, y de toros Hereford y Limousin sobre vacas Hereford x Limousin. Repartido Mimeografiado en el 1er. Congreso de Producción Animal – Paysandú, Universidad de la República Oriental del Uruguay.
134. _____; VALLEDOR, F. 1980. Efecto del nivel de alimentación previo al primer entore sobre el comportamiento reproductivo de vaquillonas Hereford. Investigación Agronómica, Montevideo. 1, 40-45.
135. PLASSE, D.; WARNICK, A. C.; KOGER, M. 1968. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. I- Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. Journal of Animal Science. 27, 94-104.
136. _____; WARNICK, A. C.; KOGER, M. 1970. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV- Length of estrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. Journal of Animal Science. 30, 63-72.
137. _____. 1979. Aspectos de crecimiento del *Bos indicus* en el trópico americano; segunda parte. World Review of Animal Production. 15, 21-23.
138. POURRAIN, A. 2001. Los biotipos en la Unidad Experimental de Cría Vacuna. En: Día de campo 10 años de la Unidad Experimental de Cría Vacuna. pp. 29-37. INTA, EEA Mercedes, Argentina.

139. PRESTON, T. R.; WILLIS, M. B. 1970. Intensive beef production oxford. Great Britain, Pergams Press Ltd. 736.
140. RANDEL, R. D. 1984. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds). *Theriogenology*. 21, 170-185.
141. REID, J. T. 1960. Effect of energy intake upon reproduction in farm animals. *Journal of Dairy Science*. 43, 103.
142. REYNOLDS, W. L.; DEROUEN, T. M.; HIGH, J. W. (Jr.). 1963. The age and weight at puberty of Angus, Brahman and Zebu cross heifers. *Journal of Animal Science, Southern section abstracts*. 22, 243.
143. RHODES, R. C. III; RANDEL, R. D. 1978. Reproductive studies of Brahman cattle. I- Behavioral effect of various dose levels of estradiol - 17B upon ovariectomized Brahman, Brahman x Hereford and Hereford cows. *Theriogenology*. 9, 429-435.
144. RIDRUEJO, E.; VERDE, L. S.; ALBERIO, R. H.; SCHIERSMANN, G. C.; ALGORTA, D.; GUTIERREZ, M. C. 1979. Restricción nutricional y comportamiento reproductivo en vaquillonas. *ALPA Memoria*. 14, 119.
145. RITTENHOUSE, L. R.; CLANTON, D. C.; STREETER, C. L. 1970. Intake and digestibility of winter-range forage by cattle with and without supplements. *Journal of Animal Science*. 31, 1215.
146. ROGERSON, A.; LEDGER, H. P.; FREEMAN, G. H. 1968. Food intake and liveweight gain comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* steers on a high plane of nutrition. *Animal Production*. 10, 373-380.
147. ROLLINS, W. C.; CARROLL, F. D.; ITTNER, N. R. 1964. Comparison of the performance of 3/4 Hereford, 1/4 Brahman calves with Hereford calves in a variable climate. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 62, 83-88.
148. ROVIRA, J. 1965. Bases para la selección en el ganado vacuno de carne. *Agros*. 143, 5-28.
149. _____. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. *Editorial Hemisferio Sur*. 288 p.
150. ROY, J. H. B.; GILLIES, C. M.; PERFIT M. W.; STOBO, I. J. F. 1980. Effect of season of the year and phase of the moon on puberty and on the occurrence of estrous and conception in dairy heifers reared on high planes of nutrition. *Animal Production*. 31, 13.

151. RUDDER, T. H.; SEIFERT, G. W.; MAYNARD, P. J. 1976. Factors affecting reproduction rates in a commercial Brahman crossbred herd. *Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 16, 623-629.
152. RYAN, W. J. 1989. Compensatory growth in sheep and cattle. PhD Thesis, School of Agriculture. The University of Western Australia.
153. _____ .1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutrition abstracts and reviews*. 60, 653-664.
154. _____ ; WILLIAMS, I. H.; MOIR, R. J. 1993. Compensatory growth in sheep and cattle. I- Growth pattern and feed intake. *Australian Journal of Agricultural Research*. 44, 1609-1621.
155. SAGEBIEL, J. A.; KRAUSE, G. F.; SIBBIT, W. R.; LANGFORD, L.; COMFORT, J. E.; DYER, A. J.; LASLEY, J. F. 1967. Heterosis in preweaning traits in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 26, 888-896.
156. SAMPEDRO, D. H. 1993. Características reproductivas de vaquillonas Brahman, Hereford y sus cruza. *Noticias y comentarios*. N° 288. INTA, EEA Mercedes, Argentina.
157. _____ ; VOGEL, O. R.; CELSER, R. 2000. Entore a los 18 meses de edad. Evolución de peso y fertilidad de vaquillonas Hereford, Braford y cruza originadas del sistema de cruzamientos Hereford x Brahman. *Noticias y comentarios N°320*. INTA, EEA Mercedes, Argentina.
158. _____ . 2001. Unidad Experimental de Cría Vacuna. En: Día de campo 10 años de la Unidad Experimental de Cría Vacuna. INTA, EEA Mercedes, Argentina. pp. 14-28.
159. SCENA, C. G.; MONJE, A. R. 1994. Efecto de la suplementación energético-proteica invernal en vaquillonas de recría la ganancia de peso, desarrollo genital y actividad sexual. *Revista Argentina de Producción Animal*. 14, 122-123.
160. SHORT, R. E.; BELLOWS, R. A. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *Journal of Animal Science*. 32, 127-131.
161. SORENSEN, A. M; BRATTON, R. W.; HANSEL, W.; HOUGH, W. H. 1954. The growth and sexual development of young hlstain heifers as influenced by three levels of nutrition. *Journal of Animal Science*. 13, 1031.
162. _____ ; HANSEL, W.; HOUGH, W.A.; ARMSTRONG, D. T.; MCENTEE, K.; BRATTON, R. W. 1959. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. I- Influence of underfeeding and overfeeding on growth and

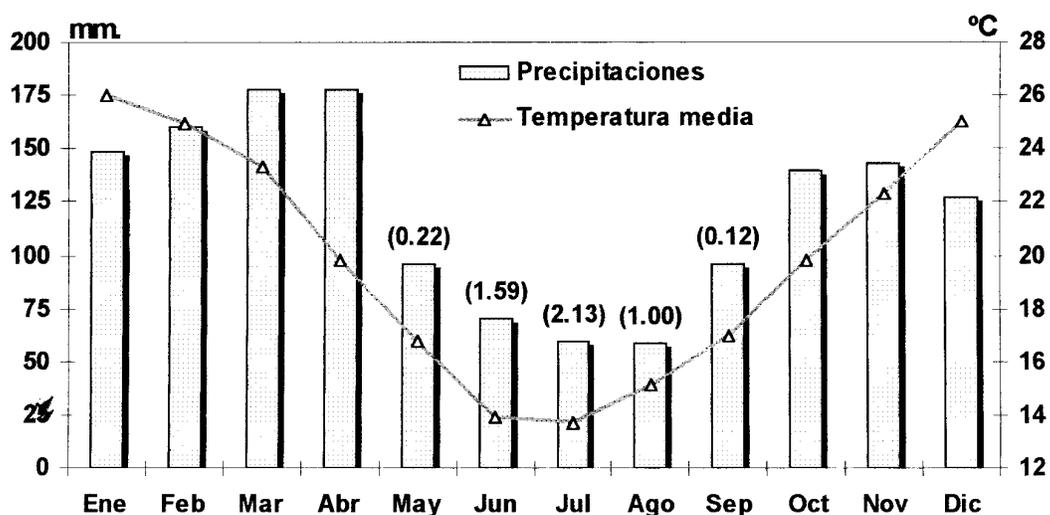
- development of Holstein heifers. Cornell University Agricultural Experiment Station Bulletin. 936, 1-15.
163. SPITZER, J. C.; WILTBANK, J. N.; LEFEVER, D. G. 1975. Increase beef cow productivity by increasing reproductive performance. Colorado Exp. Sta. Gen. Series 949.
 164. STAHRINGER, R. C.; NEUENDORFF, D. A.; RANDELL, R. D. 1990. Seasonal variations in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology*. 34, 407-415.
 165. STEWART, T. S.; LONG, C. R.; CARTWRIGHT, T. C. 1980. Characterization of cattle of a five-breed diallel. III- Puberty in bulls and heifers. *Journal of Animal Science*. 50, 808-820.
 166. SWANSON, E. W. 1957. The effect of fattening dairy heifers upon their growth and lactation. *Journal of Dairy Science*. 40, 611. (Abstr.)
 167. SWIGER, L. A.; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M.; ROWDEN, W. W.; ARTHAUD, V. H.; INGALLS, J. E. 1963. Evaluating postweaning gain of beef calves. *Journal of Animal Science*. 22, 514-520.
 168. THALLMAN, R. M., CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M. 1999. Germplasm evaluation in beef cattle-cycle IV: Postweaning growth and puberty of heifers. *Journal of Animal Science*. 77, 2651-2659.
 169. THOMSON, E. F. 1979. Energy metabolism of sheep and cattle during compensatory growth. Doctoral Thesis ETH N°. 6382. Zurich.
 170. TOTHILL, J.C.; HARGREAVES, J.N.G.; JONES, R.M. 1978. BOTANAL a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. C.S.I.R.O. Trop. Agron. Tech. Mem. N° 8.
 171. TUDOR, G. D.; O'ROURKE, P. K. 1980. The effect of pre- and postnatal nutrition on the growth of beef cattle. II- The effect of severe restriction in early postnatal life on growth and beef efficiency during recovery. *Australian journal of Agricultural Research*. 31, 179-189.
 172. TURMAN, E. J.; POPE, L. S.; STEPHENS, D. F. 1963. The lifetime reproductive performance of a Hereford cow herd. Oklahoma Agriculture Experimental Station. Miscellaneous Publication. 70, 15-24.
 173. TURNER, H. G.; TAYLOR, ST. C. S. 1983. Dynamic factors in models of energy utilization with particular reference to the maintenance requirement of cattle. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 42, 135-190.

174. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY) FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1997. Crecimiento. Montevideo, Facultad de Agronomía. 101 p.
175. VAN NIEKERK, A.; KERNICK, R.; LISHMAN, A. W. 1990. The effect of winter and summer nutritional levels on the reproductive performance of beef heifers bred at 2 years of age. *Animal Production*. Edinburgh. 51, 255-262.
176. VARNER, L. W.; BELLOWS, R. A.; CHRISTENSEN, D. S. 1977. A management system for wintering replacement heifers. *Journal of Animal Science*. 44, 165-171.
177. VERCOE, J. E. 1967. Breed and nutritional effects on the composition of faeces, urine and plasma from Hereford and Brahman x Hereford steers fed on high and low quality diets. *Australian Journal of Agricultural Research*. 18, 1003-1013.
178. _____. 1970. The fasting metabolism of Brahman, Africander and Hereford x Shorthorn cattle. *British Journal of Nutrition*. 24, 599-606.
179. VERDE, L. S. 1973. La aplicación del crecimiento compensatorio. INTA, Balcarce, EERA, Departamento de Producción Animal. 5 p.
180. _____. 1974a. Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. *Producción Animal*. 3, 112-144.
181. _____; JOANET, G. E.; GIL, E. A.; TORRES, F. 1974b. Efecto del nivel de restricción sobre el crecimiento compensatorio de novillos para carne. *Revista Argentina de Producción Animal*. 3, 434-442.
182. _____; ALBERIO, R. H.; RIDRUEJO, E.; SCHIERSMANN, G. C. S.; ALGORTA, D.; GUTIERREZ, M. C.; MEZQUIDA, G. 1978. Efecto de una restricción nutricional en vaquillonas sobre su performance reproductiva. INTA EERA Balcarce. Informe Anual.
183. VILLA GÓMEZ, E.; CASTILLO, H.; VILLA-GODOY, A.; ROMÁN, E.; VÁZQUEZ, C. 2000. Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Producción pecuaria en México*. 38, 89-103.
184. WILLIAMS, 1980. Cruzamientos, trabajos presentado al congreso mundial de Hereford. *Revista Hereford (Argentina)*. nº 475, 230-233.
185. WANYOIKE, M. M.; HOLMES, W. 1981. The effects of winter nutrition on the subsequent live-weight performance and intake of herbage by beef cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 97, 221-226.
186. WILTBANK, J. N., GREGORY, K. E.; SWIGER, L. A.; INGALLS, J. E.; ROTHLSBERGER, J. D.; KOCH, R. M. 1966. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 25, 744-751.

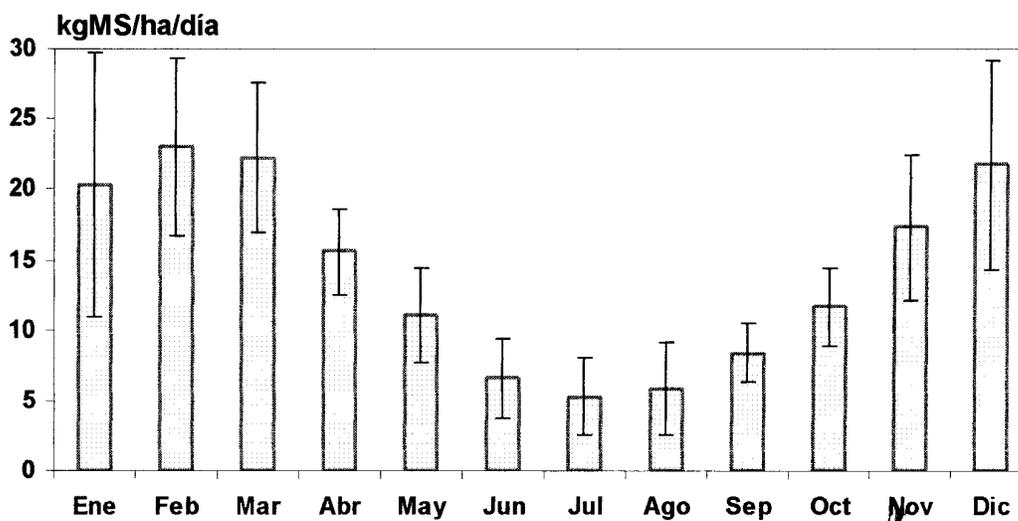
187. _____ ; KASSON, C. W.; INGALLS, J. E. 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *Journal of Animal Science*. 29, 602-605.
188. _____ ; ROBERTS, S.; NIX, J.; ROWDEN, L. 1985. Reproductive performance and profitability of heifers fed to weigh 272 or 318 kg at the start of the first breeding season. *Journal of Animal Science*. 60, 25-34.
189. YOUNG, J. S. 1967. Some observations on reproductive performance in selected commercial beef herds. *New Zealand Veterinary Journal*. Wellington, 15, 167-173.
190. _____ ; LASTER, D. B.; CUNDIFF, L. V.; SMITH, G. M.; GREGORY, K. E. 1978. Characterization of biological types of cattle. VIII- Postweaning growth and carcass traits of three-way cross steers. *Journal of Animal Science*. 46, 1178-1191.
191. ZIMMERMAN, J. E.; POPE, L. S; STEPHENS, D. F.; WALLER, G. 1957. Effect of feeding different levels of winter supplement and age at first calving on the performance range beef cows and replacement heifers. Oklahoma Agricultural Experimental Station. Miscellaneous Publication N° 48.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Temperatura media (°C), precipitaciones (mm) y número de heladas (entre paréntesis) mensuales en la casilla meteorológica de la EEA INTA Mercedes, Corrientes. Promedio serie histórica 1962 – 2001.

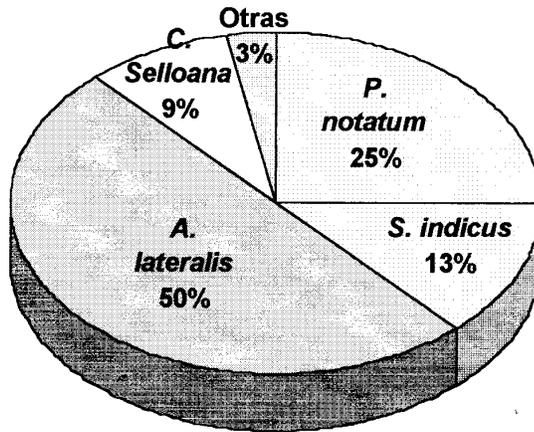


Anexo 2. Curva de producción anual de materia seca (kgMS/ha) de una pastura natural de pajonal. Promedio serie histórica 1980 – 2000.



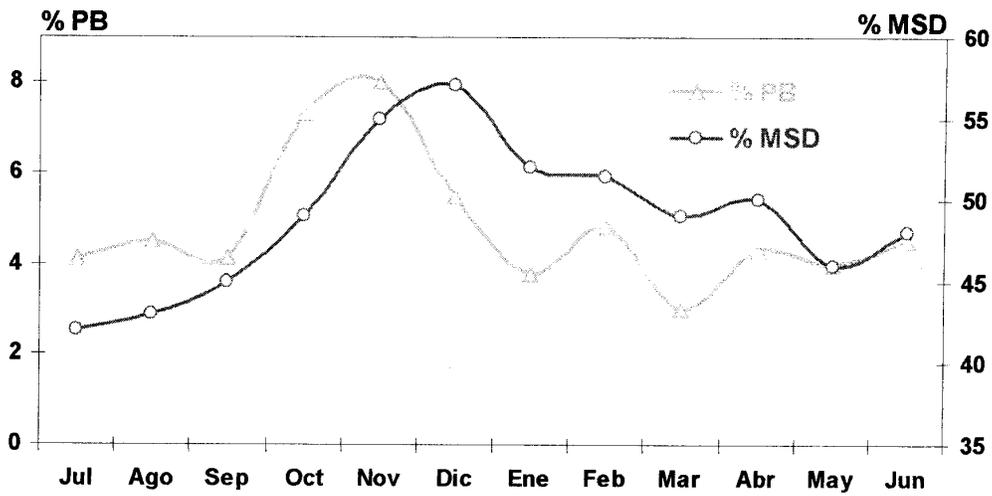
Fuente: Unidad de Pasturas de la EEA INTA Mercedes.

Anexo 3. Composición botánica como porcentaje de la materia seca de un campo natural de Mosaico. Promedio serie histórica 1980 – 2000.



Fuente: Unidad de Pasturas de la EEA INTA Mercedes.

Anexo 4. Porcentaje de Proteína Bruta (%PB) y de Materia Seca Digestible (%MSD) promedio de las dos especies principales del campo natural (*A. lateralis* y *P. notatum*).



Fuente: Unidad de Producción Animal de la EEA INTA Mercedes.

Anexo 5. Fechas de comienzo, finalización y duración de los distintos períodos para cada año.

Año	Fecha de:			Duración períodos (días)		
	Inicio supl.	Fin supl.	Inicio Entore	S*	NS**	Total
1990	16/05/90	11/09/90	30/01/91	118	141	259
1991	16/05/91	11/09/91	07/02/92	118	149	267
1992	20/05/92	08/09/92	09/02/93	111	154	265
1993	18/05/93	17/09/93	27/01/94	122	132	254
1994	15/06/94	04/10/94	17/01/95	111	105	216
1995	18/05/95	12/09/95	13/02/96	117	154	271
	18/05/95	12/09/95	01/03/96	117	171	288
	19/05/95	19/09/95	01/03/96	123	164	287
1996	07/05/96	12/09/96	21/01/97	128	131	259

*S = Período invernal con suplementación

**NS = Período primavero-estival sin suplementación.

Anexo 6. Número, edad y peso promedio al destete y al comienzo del período de suplementación por biotipo según ensayo.

Biotipo	Número	Destete		Comienzo suplementación	
		Edad (días)	Peso (kg)	Edad (días)	Peso (kg)
<u>Ensayo 1:</u>					
Hereford	50	206	183	301	193
2/3 Hereford	132	183	192	288	206
2/3 Brahman	139	172	175	292	194
<u>Ensayo 2:</u>					
2/3 Hereford	35	200	199	303	226
2/3 Brahman	32	200	190	299	212
<u>Ensayo 3:</u>					
Hereford	38	207	183	291	208
2/3 Hereford	81	199	194	279	223
2/3 Brahman	32	199	190	281	220

Anexo 7. Media, desvío estándar (Desv), coeficiente de variación (%), máximo (Max) y mínimo (Min) de las diferentes variables según cuadrante. Biotipo 2/3 Brahman.

	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min
	Baja GDI - Alta GDE					Alta GDI - Alta GDE				
Edad* días	550	36	6.5	475	657	555	50	9.0	485	666
Pinv kg	200	24	12.0	140	250	191	24	12.4	150	230
Pprim kg	211	24	11.5	160	270	237	27	11.2	180	290
Pento kg	310	26	8.3	250	370	329	28	8.6	280	385
GDI kg/día	0.093	0.097	104.3	-0.13	0.246	0.394	0.140	35.6	0.254	0.932
GDE kg/día	0.674	0.059	8.8	0.574	0.805	0.640	0.043	6.7	0.574	0.758
GDT kg/día	0.417	0.049	11.8	0.315	0.509	0.529	0.062	11.7	0.432	0.772
	Baja GDI - Baja GDE					Alta GDI - Baja GDE				
Edad* días	549	30	5.5	485	632	555	32	5.8	483	669
Pinv kg	206	26	12.5	150	260	204	25	12.1	145	260
Pprim kg	225	26	11.5	170	275	249	28	11.3	180	300
Pento kg	295	24	8.1	250	350	316	29	9.0	250	375
GDI kg/día	0.155	0.083	53.2	-0.088	0.246	0.391	0.104	26.7	0.254	0.678
GDE kg/día	0.498	0.068	13.7	0.325	0.571	0.469	0.092	19.5	0.048	0.571
GDT kg/día	0.343	0.045	13.2	0.208	0.418	0.435	0.054	12.5	0.295	0.583

* edad al inicio del entore

Anexo 8. Media, desvío estándar (Desv), coeficiente de variación (%), máximo (Max) y mínimo (Min) de las diferentes variables según cuadrante. Biotipo 2/3 Hereford.

	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min
	Baja GDI - Alta GDE					Alta GDI - Alta GDE				
Edad* días	551	32	5.8	488	665	547	31	5.7	486	665
Pinv kg	213	25	11.8	155	265	200	27	13.7	150	265
Pprim kg	220	23	10.5	165	275	244	28	11.5	190	315
Pento kg	317	26	8.3	245	400	332	32	9.5	280	420
GDI kg/día	0.052	0.140	269.5	-0.442	0.234	0.372	0.096	25.9	0.246	0.678
GDE kg/día	0.662	0.090	13.6	0.532	1.078	0.620	0.070	11.3	0.532	0.833
GDT kg/día	0.393	0.052	13.3	0.263	0.526	0.507	0.055	11.0	0.405	0.630
	Baja GDI - Baja GDE					Alta GDI - Baja GDE				
Edad* días	542	22	4.0	469	575	545	27	5.0	490	667
Pinv kg	220	22	9.9	180	270	221	30	13.6	130	280
Pprim kg	239	23	9.8	195	295	267	30	11.4	175	330
Pento kg	294	22	7.4	260	360	322	27	8.4	240	400
GDI kg/día	0.156	0.075	48.3	-0.090	0.234	0.386	0.100	26.0	0.254	0.720
GDE kg/día	0.406	0.072	17.7	0.238	0.524	0.403	0.081	20.0	0.190	0.524
GDT kg/día	0.289	0.042	14.4	0.193	0.357	0.395	0.065	16.5	0.231	0.560

* edad al inicio del entore

Anexo 9. Media, desvío estándar (Desv), coeficiente de variación (%), máximo (Max) y mínimo (Min) de las diferentes variables según cuadrante. Biotipo Hereford.

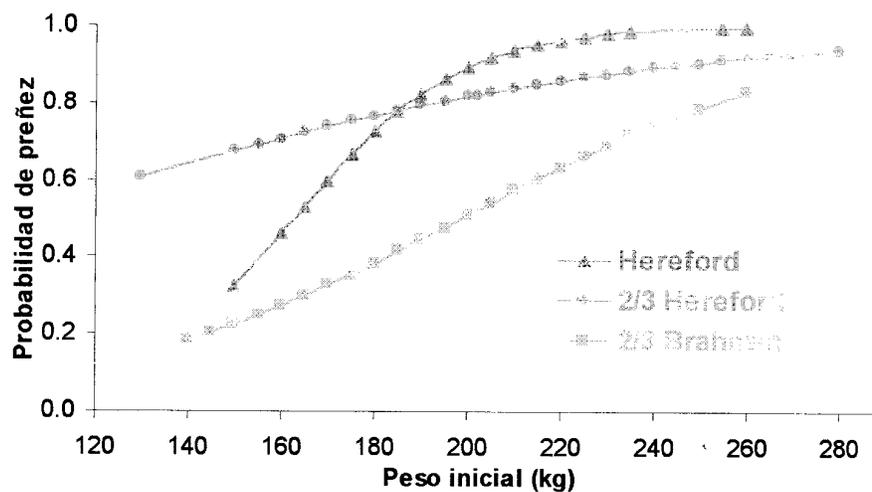
	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min	Media	Desv.	CV (%)	Máx	Min
	Baja GDI - Alta GDE					Alta GDI - Alta GDE				
Edad* días	565	33	5.8	483	666	570	48	8.4	496	669
Pinv kg	195	20	10.4	150	255	189	21	10.9	160	225
Pprim kg	202	21	10.6	155	235	240	23	9.6	200	290
Pento kg	288	26	8.9	240	340	325	26	7.9	270	375
GDI kg/día	0.055	0.130	234.0	-0.169	0.234	0.434	0.121	28.0	0.254	0.636
GDE kg/día	0.588	0.091	15.5	0.490	0.872	0.580	0.048	8.2	0.496	0.671
GDT kg/día	0.351	0.056	16.0	0.244	0.449	0.515	0.065	12.6	0.425	0.637
	Baja GDI - Baja GDE					Alta GDI - Baja GDE				
Edad* días	563	14	2.5	544	588	565	18	3.3	528	599
Pinv kg	200	20	9.8	175	235	207	21	10.1	170	260
Pprim kg	215	20	9.3	190	245	253	22	8.8	215	315
Pento kg	276	18	6.5	255	310	307	23	7.3	265	350
GDI kg/día	0.128	0.091	71.0	-0.085	0.244	0.385	0.076	19.8	0.256	0.513
GDE kg/día	0.406	0.054	13.4	0.305	0.461	0.349	0.100	28.5	0.146	0.473
GDT kg/día	0.282	0.035	12.2	0.207	0.328	0.364	0.060	16.4	0.243	0.451

* edad al inicio del entore

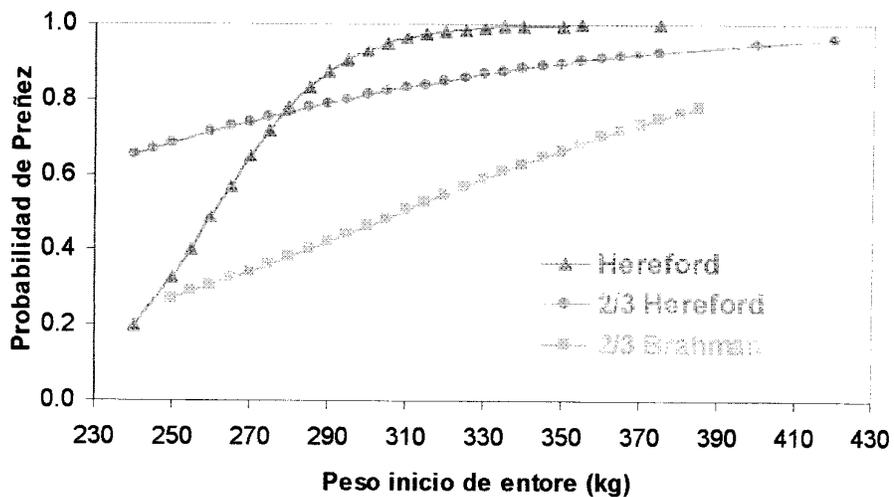
Anexo 10. Significancia de los parámetros y cociente de máxima verosimilitud (CMV) de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez a partir del peso inicial, del peso de primavera y del peso al inicio del entore.

Modelo	2/3 Brahman		2/3 Hereford		Hereford	
	CMV	P>ChiSq	CMV	P>ChiSq	CMV	P>ChiSq
Peso inicial	-131.79	<.0001	-106.67	0.0161	-32.66	0.0006
Peso primavera	-122.87	<.0001	-103.57	0.0005	-24.50	<.0001
Peso entore	-134.55	0.0010	-107.01	0.0236	-27.21	<.0001

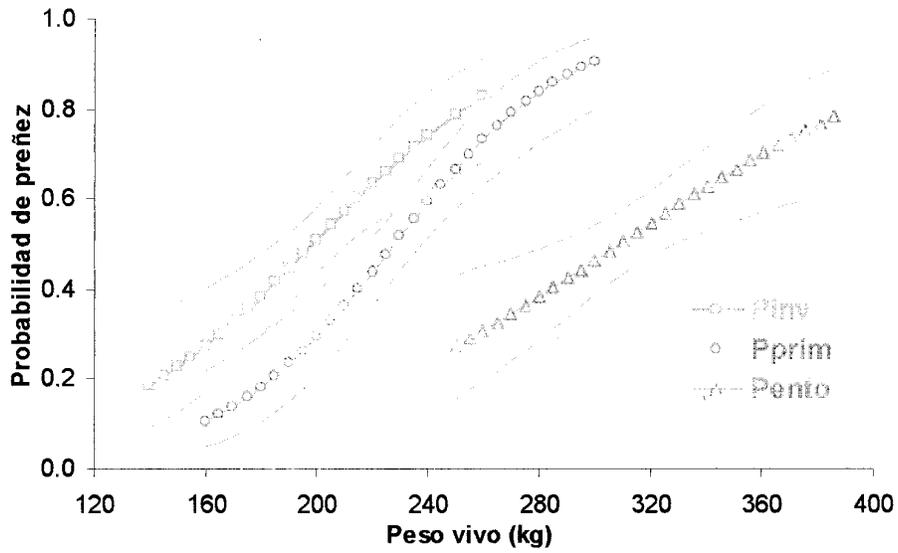
Anexo 11. Estimación de la probabilidad de preñez por el modelo de Peso inicial según biotipo.



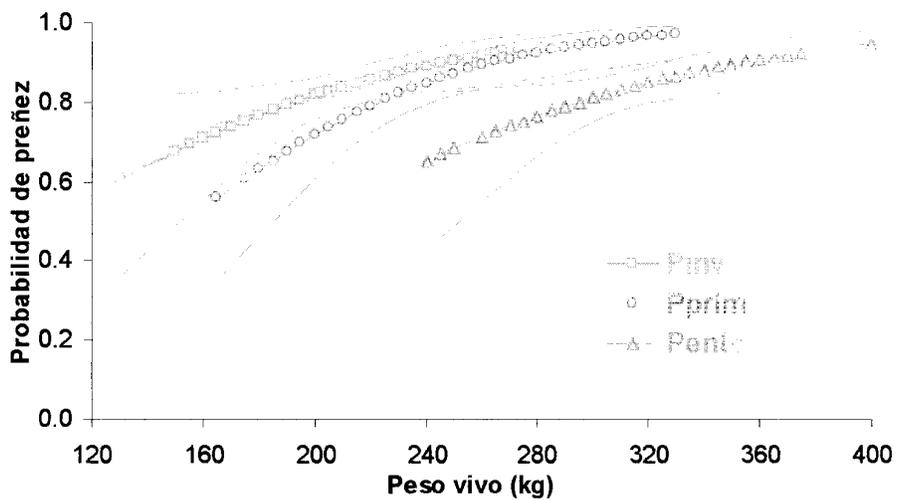
Anexo 12. Estimación de la probabilidad de preñez (PP) por el modelo de Peso al inicio del entore según biotipo.



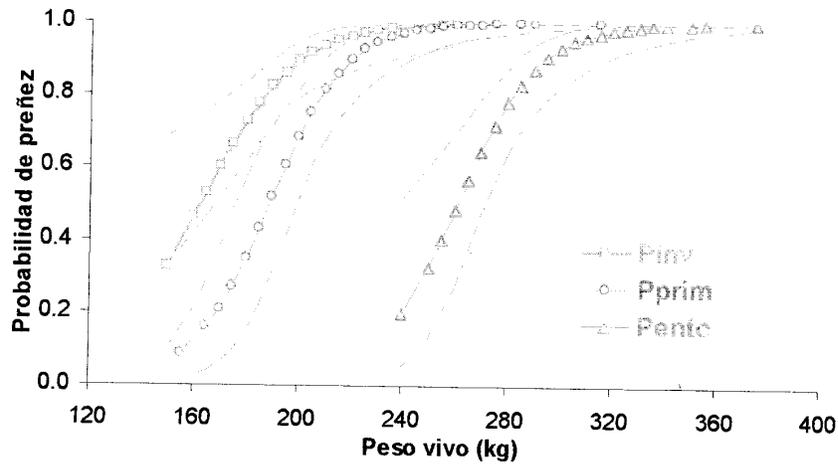
Anexo 13. Probabilidad de preñez según los modelos de peso inicial (Pinv), peso de primavera (Pprim) y peso al inicio del servicio (Pento) para el biotipo 2/3 Brahman. Las líneas punteadas representan los límites del intervalo con 95% de confianza.



Anexo 14. Probabilidad de preñez según los modelos de peso inicial (Pinv), peso de primavera (Pprim) y peso al inicio del servicio (Pento) para el biotipo 2/3 Hereford. Las líneas punteadas representan los límites del intervalo con 95% de confianza.



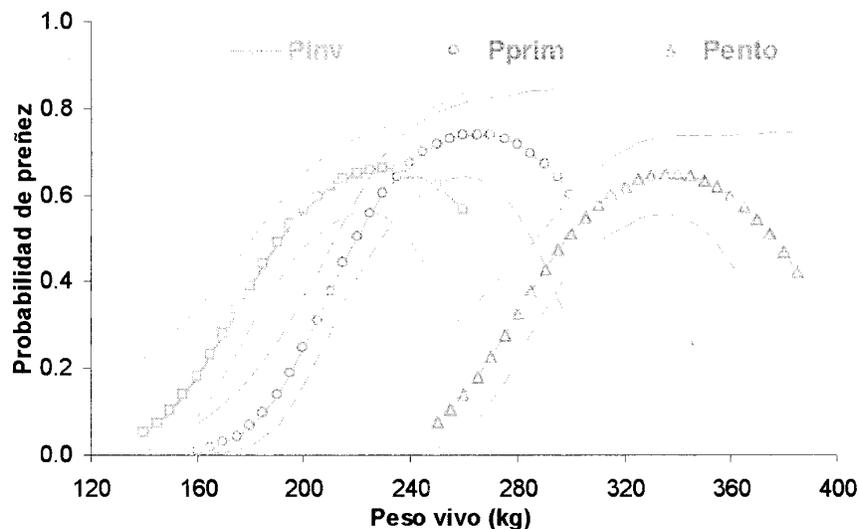
Anexo 15. Probabilidad de preñez según los modelos de peso inicial (Pinv), peso de primavera (Pprim) y peso al inicio del servicio (Pento) para Hereford. Las líneas punteadas representan los límites del intervalo con 95% de confianza.



Anexo 16. Significancia de los parámetros y cociente de máxima verosimilitud (CMV) de las ecuaciones cuadráticas que estiman probabilidad de preñez a partir del peso inicial, peso de primavera y peso al inicio del entore para el biotipo 2/3 Brahman.

Variable	P > ChiSq		CMV
	x	x ²	
Peso inicial	0.0113	0.0265	-129.3321
Peso primavera	0.0006	0.0024	-118.2572
Peso entore	0.0045	0.0077	-130.9942

Anexo 17. Probabilidad de preñez según los modelos con un término cuadrático de peso inicial (Pinv), peso de primavera (Pprim) y peso al inicio del servicio (Pento) para 2/3 Brahman. Las líneas punteadas representan los límites del intervalo con 95% de confianza.



Anexo 18. Significancia de los parámetros y cociente de máxima verosimilitud (CMV) de las ecuaciones de predicción de probabilidad de preñez a partir de la ganancia diaria invernal (GDI) y la ganancia diaria estival (GDE) según biotipo.

Variable independiente	2/3 Brahman		2/3 Hereford		Hereford	
	CMV	P > ChiSq	CMV	P > ChiSq	CMV	P > ChiSq
GDI	-134.41	0.0004	-107.81	0.0606	-32.33	0.0004
GDE	-132.16	<.0001	-	-	-	-